Ministère de l'Éducation Nationale
Université de Strasbourg

Ministère du Développement
Industriel et Scientifique
Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Service Géologique National

SERVICE GEOLOGIQUE D'ALSACE ET DE LORRAINE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

2 FEVRIER 1972

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

204, Route de Schirmeck
STRASBOURG / 3
Téléph. 30.12.62
C. C. P. Strasbourg 5.005-60

72 SGN 047 SGA

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
SERVICE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE
D'ALSACE ET DE LORRAINE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

2 FEVRIER 1972

204, ROUTE DE SCHIRMECK
STRASBOURG-MONTAGNE-VERTE
TÉL. 30.12.62
C. C. P. STRASBOURG 5505-44 L

AVANT-PROPOS

La nappe aquifère des Grès infratriasiques (G.I.T.) du Nord-Est de la France forme une unité hydrogéologique. Elle est exploitée (sources et puits) sur l'ensemble des affleurements et par forages profonds sous couverture dans la partie comprise entre les Vosges et la Sarre. L'eau de la nappe sous couverture est saumâtre (reconnue par sondages charbon et pétrole) à l'Ouest vers le Bassin Parisien et au Nord, au Luxembourg.

Cette nappe représente de grandes réserves d'eau, mais la faible perméabilité des grès limite son alimentation sous couverture. De fait, depuis sa mise en exploitation, elle ne cesse de baisser : 0,5 à 1,5 m par an suivant les secteurs pour ces dernières années.

A la demande de l'Agence Financière de Bassin Rhin - Meuse, le Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine a entrepris une étude de synthèse hydrogéologique sur cet aquifère, destinée à mettre en évidence le comportement de la nappe et à dresser un bilan actuel des prélèvements et des alimentations.

L'ensemble de ces données a été utilisé à l'élaboration d'un modèle mathématique de gestion de cette nappe, après calage des paramètres sur une période de référence, en régime transitoire.

Le recueil des données a été réalisé essentiellement par Monsieur MANGOLD, la synthèse et leur présentation par Monsieur BABOT.

R E S U M E

1. GEOMETRIE DU RESERVOIR AQUIFERE

1.1. Horizontalement, il est limité au Nord et à l'Est par l'érosion ou la tectonique, donnant une ligne d'affleurement des Ardennes ou territoire de Belfort, en passant par l'Eifel, le Hunsrück, la Sarre, la Haardt et les Vosges, soit environ 600 km de long; à l'Ouest et au Sud, il semble limité par un biseau de sédimentation des G.I.T., conservé intact sous épaisse couverture sédimentaire, mais le contexte hydrogéologique paraît déborder du contexte stratigraphique lié au faciès des G.I.T. (prolongation et continuité de niveaux gréseux vers le centre du Bassin de Paris à l'Ouest, et en Bresse et sous le Jura au Sud). Le faciès des G.I.T. est limité à l'Ouest vers Troyes, au Sud le long des Vosges (Langres-Vesoul).

Ainsi défini, ses plus grandes dimensions sont de 340 km Sud-Ouest - Nord-Est, et de 240 km Nord-Ouest - Sud-Est, pour une superficie d'environ 45.000 km^2, dont 8.500 km^2 (presque 20 %) en affleurement.

1.2. Verticalement, son épaisseur croît régulièrement d'Ouest en Est de 0 à 500 m et plus, en auréoles centrées sur le secteur Saverne - Bitche. Par rapport à la topographie, le réservoir affleure au Nord et à l'Est, formant des sommets compris généralement entre 400 et 700 m, culminant à 900 - 1000 m dans le massif du Donon, par suite du soulèvement des Vosges hercyniennes ; il s'enfonce profondément sous couverture vers l'Ouest et le Sud-Ouest (reconnu vers - 2300 m au niveau de Troyes) par suite de la subsidence du Bassin Parisien.

./.

2. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFERE

La perméabilité moyenne de l'ensemble des G.I.T. est de l'ordre de 1 à 2.10^{-5} m/s, avec des valeurs faibles de 0,1 à $0,5.10^{-5}$ m/s, et des valeurs fortes de 5 à 10.10^{-5} m/s.

Les fortes valeurs se rencontrent le plus souvent en affleurement (perméabilité de fissures prépondérante) et les faibles valeurs sous couverture (perméabilité de milieu poreux prépondérante).

Le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 1 à 5.10^{-3} en nappe libre (en affleurement) et d'environ 10^{-4} en nappe captive (sous épaisse couverture). Il semble néanmoins que l'on ait une plage de valeurs continue entre ces deux extrêmes, là où les grès sont sous faible couverture, mais les mesures in-situ manquent.

3. ALIMENTATION DE LA NAPPE

La superficie des affleurements des G.I.T. jouant un rôle actif dans l'alimentation de la nappe sous couverture est faible. Une grande partie de ces affleurements est, soit drainée en sens contraire de l'écoulement général de la nappe (zones hydrogéologiquement indépendantes de la nappe principale, séparées par des lignes de partage des eaux souterraines liées à la topographie), soit située en zone de drainage naturel de la nappe sous couverture (Sarre, Vallée de la Moselle).

Ainsi, cette superficie utile pour la nappe sous couverture est d'environ 800 km^2 le long des Vosges et de 400 km^2 le long des Ardennes et du Hunsrück. La pluviométrie sur les affleurements varie de 700 à 1500 mm, suivant l'altitude et la situation géographique, avec une moyenne de 850 à 900 mm.

./.

Le coefficient d'infiltration (pourcentage de la pluviométrie alimentant la nappe générale des G.I.T.) varie suivant la topographie (sommet - fond de vallée) et suivant l'exploitation de la nappe :

Dans les secteurs où la nappe est "au refus", ce coefficient est de 30 à 40 % (maximum) sous les massifs montagneux, et nettement négatif dans les fonds des vallées, qui drainent la nappe en permanence , offrant une moyenne de 2 à 8 % à l'échelle d'un bassin versant.

Dans les secteurs où la nappe est surexploitée (où elle a "décroché" par rapport à ses exutoires naturels, par suite d'une baisse excessive de sa piézométrie), le coefficient d'infiltration peut atteindre 25 à 30 % (secteur des H.B.L. par exemple).

Par ailleurs, les phénomènes de drainance au toit des G.I.T. existent sûrement, alimentant ou drainant cet aquifère suivant sa position piézométrique par rapport aux aquifères supérieurs (Calcaires du Muschelkalk essentiellement). Mais ils n'ont jamais pu être mesurés. Néanmoins, on note, en bordure des affleurements, des différences piézométriques Muschelkalk - G.I.T. de l'ordre de 100 m autour des H.B.L. et de 50 à Vittel-Contrexeville.

4. EXPLOITATION DE LA NAPPE

La nappe aquifère des G.I.T. a été fortement exploitée en Sarre (en affleurement) dans le secteur des H.B.L., du fait de l'exhaure des mines de charbon dès le début du siècle, mais les forages sous couverture entre les Vosges et la Sarre n'ont débuté qu'après 1930, de même que l'exhaure de mine sous couverture à Faulquemont - Folschwiller.

./.

En 1969, l'ensemble des prélèvements effectués dans la nappe s'élève à 5,0 m^3/s (dont les 3/4 sont pompés en Sarre) alors qu'en 1930 ces débits étaient de l'ordre de 2 m^3/s.

La répartition géographique de cette exploitation est la suivante :

- Pompages par forages sous couverture entre les Vosges et la Sarre :	0,7 m^3/s.
- Pompages en Sarre française (forages + exhaure des mines) :	3,2 m^3/s.
- Pompages en Sarre allemande (forages) au Sud-Ouest de la rivière :	0,6 m^3/s.
- Pompages en Sarre allemande (Secteur Sarrebrück-Neunkirchen) :	0,5 m^3/s.
Total :	5,0 m^3/s.

Les pompages par forage en affleurement du secteur de Bitche sont faibles : 0,03 à 0,04 m^3/s.

Les pompages en affleurement au Luxembourg et dans la Haardt nous sont inconnus, mais n'interviennent pas dans le bilan de la nappe sous couverture.

5. BILAN DE LA NAPPE

Le calcul du bilan a été effectué sur la partie française de l'aquifère, limitée au Nord, sous couverture, au niveau de Thionville, au Sud-Ouest à la ligne de partage des eaux souterraines qui prolonge les Vosges, au Nord-Est par la Sarre en affleurement, puis sous couverture par la ligne de drainage qui prolonge la trainée de la Sarre vers les Vosges.

./.

- Débit d'alimentation le long des Vosges vers la nappe sous couverture : + 1,5 m^3/s.
- Baisse de niveau de l'ensemble de la nappe de l'ordre de : + 0,1 m^3/s.
- Pompages sous couverture entre les Vosges et la Sarre : - 0,7 m^3/s.
- Débit de la nappe vers le Nord, à l'Ouest de la rivière Sarre : - 0,1 m^3/s.
- Drainage de la nappe sous couverture pour la région de la Sarre : - 0,8 m^3/s.

En Sarre (au Sud-Ouest de la rivière), le bilan est le suivant :

- Alimentation par la pluviométrie : + 3,0 m^3/s.
- Alimentation par la nappe sous couverture : + 0,8 m^3/s.
- Pompages : - 3,8 m^3/s.

Le drainage naturel de la nappe par la vallée de la Sarre entre Sarreguemines et Sarrebrück estimé à 0,1-0,2 m^3/s peut être compensé dans le bilan par un apport par drainance le long des affleurements du même ordre de grandeur.

S O M M A I R E

	p.
1 - GEOLOGIE DES GRES INFRATRIASIQUES -	1
1.1 Stratigraphie	1
1.2 Puissance et extension des G.I.T.	6
1.3 Tectonique	10
2 - HYDROGEOLOGIE DES G.I.T. -	12
2.1 Géométrie du réservoir aquifère	12
2.2 Zones d'alimentation de la nappe	15
2.3 Zones de drainage de la nappe	18
2.4 Piézométrie de la nappe aquifère des G.I.T.	19
2.5 Hydrologie des zones en affleurement des G.I.T.	25
2.6 Caractéristiques hydrodynamiques des G.I.T.	29
2.7 Minéralisation de l'eau de la nappe des G.I.T.	41
3 - EXPLOITATION DE LA NAPPE DES G.I.T. -	49
3.1 Historique	49
3.2 Evolution des débits pompés par les forages	55
3.3 Essai de bilan	60
CONCLUSIONS	63

FIGURES (in-texte)

	entre p.p.
1. Situation géographique de la zone d'étude	0 - 1
2. Coupe stratigraphique schématique	1 - 2
3. Schéma de l'alimentation de la nappe des G.I.T.	15 - 16
4. Schémas des différents cas de situation des G.I.T. en affleurements (a à h)	18 - 19
5. Distribution de la pluviométrie dans le Nord-Est de la France	25 - 26
6. Evolution de la chimie des eaux - Diagrammes de Schoeller (a à e)	48 - 49
7. Histogramme et courbes cumulées du nombre de forages d'eau, captant la nappe des G.I.T., réalisés par an	49 - 50
8. Histogramme des débits spécifiques	56 - 57

TABLEAUX (in-texte)

1. Pluviométrie moyenne, mensuelle et annuelle, des différents secteurs où affleurent les G.I.T.	26 - 27

ANNEXES (hors texte)

1. Carte des isohypses du toit des G.I.T.
2. Carte des isopaches des G.I.T.
3. Coupes structurales
4. Carte piézométrique de la nappe des G.I.T. en 1966
5. Tableau des données hydrodynamiques des forages
6. Carte du résidu sec.

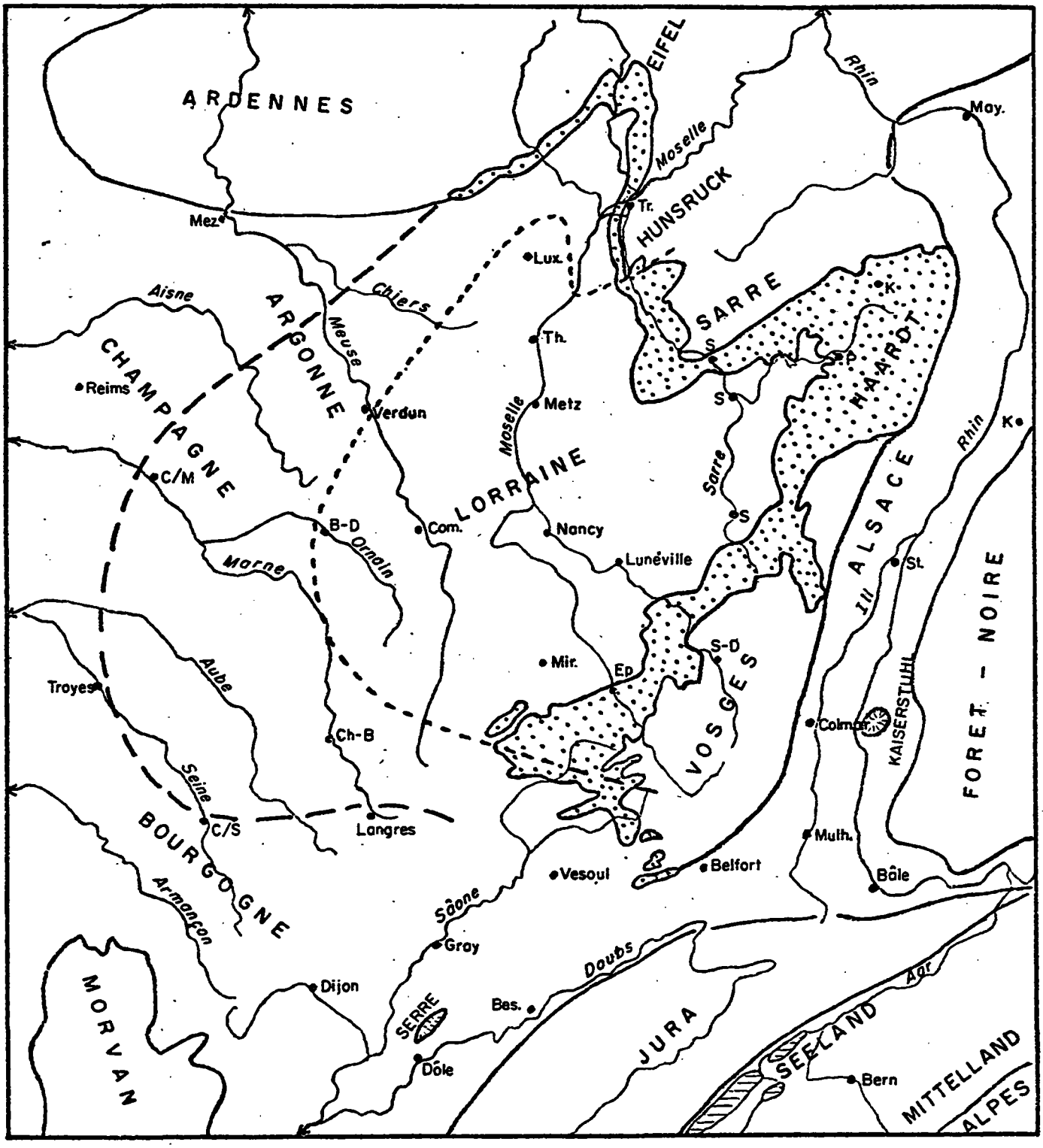
S O M M A I R E

CHAPITRE 1

GEOLOGIE DES GRES INFRATRIASIQUES

		p.
1.1	Stratigraphie	1
1.1.1	Les Grès d'Annweiler	1
1.1.2	Le Grès vosgien	2
1.1.3	Les Couches intermédiaires	3
1.1.4	Le Grès à Voltzia	3
1.1.5	Les terrains antétriasiques	4
1.1.6	Les formations du Trias moyen et supérieur	5
1.2	Puissance et extension des G.I.T.	6
1.2.1	Structures existantes et extension du faciès gréseux au cours du Trias inférieur	6
1.2.2	Extension des faciès germaniques des G.I.T.	8
1.2.3	Carte des isopaches des G.I.T.	9
1.2.4	Puissance des différents faciès des G.I.T.	9
1.3	Tectonique	
1.3.1	Histoire post-sédimentaire des G.I.T.	10
1.3.2	Structures actuelles	11

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE



Echelle 1:2.000.000

Affleurement des Grès infratriasiques

Limite d'extension probable du faciès Grès à Voltzia

Limite d'extension probable du faciès Grès vosgien

1 - GEOLOGIE DES GRES INFRATRIASIQUES -

1.1 Stratigraphie (cf. figures n° 1 et 2 et annexe n° 1)

Les Grès infratriasiques sont situés stratigraphiquement au-dessus du Permien (fin du Primaire) et en-dessous du Muschelkalk (Trias moyen). Ils sont constitués, de haut en bas, par :

- le Grès à Voltzia
- les Couches intermédiaires

} Grès bigarrés supérieurs

- le Conglomérat principal
- le Grès vosgien
- le Conglomérat inférieur

} Grès bigarrés moyens

- le Grès d'Annweiler - Grès bigarrés inférieurs

Le terme de Grès bigarrés (le Buntsandstein allemand) est équivalent de Grès infratriasiques, mais prête à confusion du fait d'une utilisation antérieure plus restreinte, pour les Grès bigarrés supérieurs seulement. On emploiera donc le terme de Grès infratriasiques (G.I.T.)

Certains auteurs, se basant sur des critères différents de sédimentation et de minéralogie, placent le Conglomérat principal dans les Grès bigarrés supérieurs.

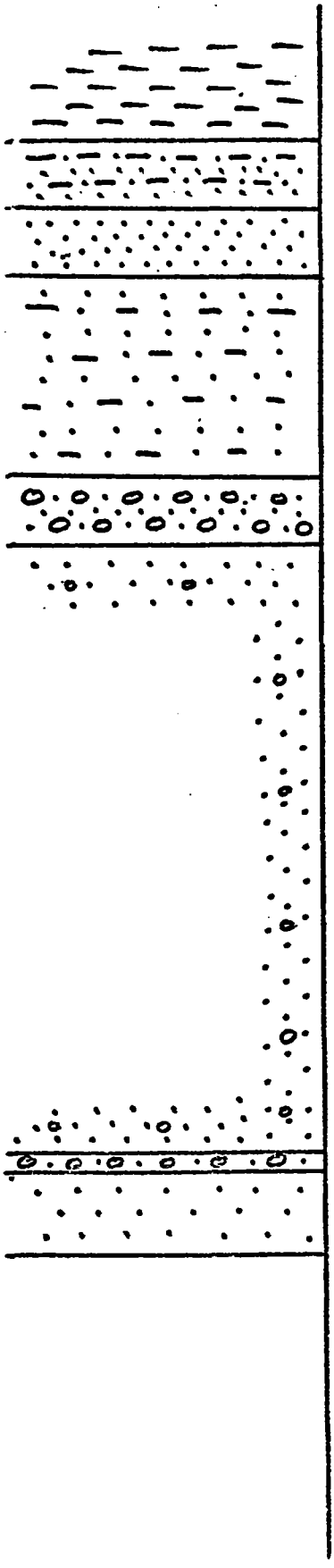
1.1.1 Les Grès d'Annweiler

Les Grès bigarrés inférieurs, constitués de schistes argileux et de grès dans le Palatinat, présentent dans le massif de la Haarth (Vosges gréseuses) un faciès essentiellement gréseux, le "Grès d'Annweiler", de type arkosique, à stratification surtout horizontale, parfois oblique. A l'Ouest des Vosges, ce faciès n'a pas été reconnu.

./.

Fig. 2

COUPE STRATIGRAPHIQUE SCHEMATIQUE



Marnes (calcaires)

Grès coquillier

} Muschelkalk inférieur

Grès à Voltzia

Couches intermédiaires

} Grès bigarrés supérieurs

Conglomérat principal

Grès vosgien

} Grès bigarrés moyens

Conglomérat de Eck

Grès d'Annweiler

} Grès bigarrés inférieurs

Formations antétriasiques

} Grès et argilolithes permiens
ou
Carbonifère
ou
Devono-Dinantien
ou
Socle cristallin ou métamorphique

1.1.2 Le Grès vosgien

L'ensemble des Grès vosgiens avec des faciès conglomératiques à la base (Conglomérat de Eck ou Conglomérat inférieur) et au sommet (Conglomérat principal) constitue les Grès bigarrés moyens. En effet, ces deux conglomérats sont très semblables et se présentent comme un Grès vosgien enrichi de galets.

Les Grès vosgiens sont constitués d'une série de cycles de sédimentations à stratification entrecroisée, passant des grès grossiers à des grès fins. On peut par endroit distinguer des Grès vosgiens inférieurs et supérieurs, mais cette distinction est très souvent impossible (surtout en forage). Ces grès sont le plus souvent roses, à grain fin et ciment ferrugineux. Mais la coloration de même que le degré de cimentation varient notablement d'un secteur à l'autre : ils peuvent être jaunâtres et boulants (peu cimentés) particulièrement juste en-dessous du Conglomérat principal. Il semblerait que, dans l'ensemble, la partie inférieure des Grès vosgiens soit plus compacte que la partie supérieure.

Par ailleurs, les Grès vosgiens ne contiennent pratiquement pas de mica, contrairement aux Grès bigarrés supérieurs. Les galets du Conglomérat principal sont constitués de quartz filoniens, de quartzites dévoniens et de lidyennes siluriennes et ceux du Conglomérat inférieur de quartz, quartzites, granites et gneiss.

Des galets du même type se retrouvent disseminés dans la masse du Grès vosgien (plus souvent dans la partie supérieure), mais rarement en nombre assez grand pour présenter une passée conglomératique.

Au-dessus du Conglomérat principal, apparaît une zone - limite - violette : c'est une zone d'altération superficielle (arrêt de sédimentation ?), constituée de lits argileux et de croûtes dolomitiques silicifiées (Couche à cornaline).

./.

1.1.3 Les Couches intermédiaires

Elles débutent parfois par un banc de brèche dolomitique basal, indiquant peut être la reprise d'un cycle de sédimentation. On distingue les Couches intermédiaires inférieures et supérieures, séparées par une zone violette, analogue à celle située au toit du Conglomérat principal. L'ensemble des grès de cette formation présente une stratification entrecroisée, tendant à s'adoucir et à devenir horizontale vers le haut. De même, le grain, grossier à la base (parsemée de galets) devient plus fin vers le sommet où les galets sont beaucoup plus rares. La couleur est lie-de vin ou verdâtre, parfois jaunâtre. Ils contiennent des micas formant de petits lits interstratifiés avec les grès.

Ces couches intermédiaires se terminent par un banc de brèche dolomitique supérieur, analogue aux zones violettes et indiquant la fin du cycle de sédimentation des Couches intermédiaires.

1.1.4 Le Grès à Voltzia

On distingue de bas en haut :

- à la base, un horizon à plantes (grès jaune avec très nombreux restes de plantes) ;

- le Grès à meules (jaune-orange à gris-jaunâtre) bien consolidé ;

- le Grès argileux (alternance de bancs de grès et de bancs d'argiles versicolores) se terminant par une "Argile Limite", le séparant du Grès coquillier du Muschelkalk. Mais cette Argile Limite n'est pas constante rendant alors difficile la différenciation Grès à Voltzia - Grès coquillier. Le grain est très fin et la stratification calme et pratiquement horizontale.

./.

Les fossiles d'abord lacustres ou terrestres, deviennent marins au sommet (premières incursions marines certaines).

1.1.5 Les terrains antétriasiques (sous-jacents aux G.I.T.)

L'ensemble des G.I.T. repose soit sur des formations sédimentaires ou volcaniques plus ou moins métamorphisées, soit sur le socle cristallin, suivant les zones de sédimentation (seuils ou dépressions).

a) Les formations permiennes, constituées de grès grossiers et argileux et de coulées volcaniques (brèches, ryolithes, basaltes, tufs, ...) ont des épaisseurs très variables (de 0 à plus de 2.000 m), car elles se sont déposées dans des bassins de sédimentation très accusés, dont les principaux sont le bassin sarrois, le bassin palatin, le bassin de St. Dié et ses annexes, le bassin de Ronchamp. Mais on possède très peu de données sur la géométrie de ces dépôts permiens sous couverture, car ils ne sont traversés que par les sondages charbon ou pétroliers et de rares forages d'eau.

Il semble que ces dépôts permiens n'existent pas ou peu sur les rides anticlinales (Vosges du Nord, Vosges du Sud, anticlinal sarro-lorrain, anticlinal du Hunsrück et massif ardennais), soit par arrêt de sédimentation, soit par érosion.

b) Les G.I.T. reposent parfois directement sur les terrains carbonifères, dans certains secteurs de l'anticlinal sarro-lorrain et sur le flanc Sud des Vosges; les données sous couverture sont trop peu nombreuses pour donner une distribution du contact G.I.T. - Houiller.

./.

Ils reposent directement sur les formations dévoniennes au Nord, sur les Ardennes, le Hunsrück, l'Eifel et sur le socle cristallin (ou métamorphique) dans les Vosges du Sud et quelques secteurs des Vosges du Nord, le long de la faille vosgienne.

1.1.6 Les formations du Trias moyen et supérieur (sus-jacentes aux G.I.T.)

Après les dépôts fluviatiles (continentaux) des G.I.T., succèdent les dépôts marins ou lagunaires du Muschelkalk de la Lettenkohle et du Keuper.

a) Le Muschelkalk se subdivise en trois parties (inférieur, moyen, supérieur) et se présente, de haut en bas, de la façon suivante :

Le Calcaire à Térébratules Les Couches à Cératites Le Calcaire à Entroques	Muschelkalk supérieur
Les Couches blanches Les Couches grises Les Couches rouges	Muschelkalk moyen
La Dolomie à Myophoria orbiculaire Les Marnes à Myacites Le Wellenkalk Le Grès coquillier	Muschelkalk inférieur

Le Muschelkalk inférieur, d'abord marno-gréseux devient essentiellement argileux avec quelques passées calcaires ou dolomitiques peu épaisses. Dans certains secteurs, il peut être entièrement gréseux (Zone Metz - St. Avold - Sarreguemines, zone Nancy - Chateau-Salins, suivant des chenaux Sud-Ouest - Nord-Est : Forcelles - St. Clément, Damblain - Vittel - Charmes,...)

./.

Le Muschelkalk moyen est marneux, avec des gites d'évaporites (sel gemme de Sarralbe), se terminant par un niveau crayeux.

Le Muschelkalk supérieur est calcaire au sommet et à la base, avec des couches marneuses à bancs calcaires au centre (Couches à Cératites).

b) La Lettenkohle et le Keuper se divisent, de haut en bas, de la façon suivante :

Marnes irisées supérieures Marnes rouges (de Chanville)	Keuper supérieur
Dolomie en dalles Marnes bariolées Grès à roseaux	Keuper moyen
Marnes (à quartz) et gypse Marnes à sel gemme	Keuper inférieur
Dolomie limite Marnes bariolées Dolomie inférieure	Lettenkohle

Cette série est essentiellement marneuse, les bancs gréseux ou calcaro-dolomitiques étant peu épais.

1.2 Puissance et extension des G.I.T.

1.2.1 Structures existantes et extension du faciès gréseux au cours du Trias inférieur

La sédimentation des G.I.T. dans le Nord-Est de la France s'est effectuée sur un continent au relief déjà aplani par l'érosion et les dépôts du Permien.

./.

Les G.I.T. et par la suite les formations sus-jacentes, présentent dans la sédimentation (faciès, subhorizontalité, épaisseur qui varie graduellement sur de grandes étendues sauf au voisinage de seuils : Vosges hercyniennes, Hunsrück), une continuité plus grande que les dépôts permiens, plus hétéroclites et beaucoup plus variables en épaisseur.

De ce fait, on peut suivre sur une grande étendue le faciès gréseux des G.I.T. : les limites d'extension des Grès vosgiens et des Grès à Voltzia correspondent à des limites du faciès germanique typique des G.I.T., que l'on peut suivre en Lorraine; mais les sondages profonds (pétroliers essentiellement) réalisés dans le bassin de Paris, dans la plaine de la Saône, en Bresse, dans le Jura (français et suisse) montrent la présence de ce faciès gréseux à la base du Trias, limité au Nord-Ouest par un massif Armorico-ardennais, au Sud-Ouest par le Massif Central et s'étendant à l'Est et au Sud-Est par dessus le seuil Morvano-vosgien.

La limite approximative des faciès germaniques des G.I.T. est indiquée sur les cartes annexes 1 et 2. Au delà de ces limites, vers l'Ouest presque jusqu'à Paris, vers le Sud-Ouest jusqu'en bordure du Massif Central, vers le Sud en direction de Lyon, on suit ce faciès gréseux, parfois sur de notables épaisseurs (120 m au sondage de Château Landon 1, à 80 km au Sud de Paris, entre 2.490 et 2.610 m de profondeur), mais ces grès sont indifférenciés (on les cite parfois comme "grès de base"). Ces grès de base indifférenciés présentent une épaisseur de 5 à 60 m dans les sondages effectués dans la plaine de la Saône, en Bresse et dans le Jura.

Leur épaisseur diminue à l'approche du seuil Morvano-vosgien, surtout vers le Sud-Ouest, mais il existe une continuité certaine de ces G.I.T. le long de la bordure Sud des Vosges sous couverture, le long des affleurements.

./.

1.2.2 Extension des faciès germaniques des G.I.T.

L'extension des aires de sédimentation des différents faciès des G.I.T., depuis le Grès d'Annweiler au Grès à Voltzia, s'est faite en auréoles grandissantes des Vosges du Nord (Haardt) vers l'Ouest et le Sud-Ouest.

a) Le Grès d'Annweiler ne dépasse pas, vers l'Ouest et le Sud-Ouest, les Vosges du Nord et s'étend plus à l'Est, en Allemagne.

b) Le Grès vosgien se termine en biseau à l'Ouest vers Bar-le-Duc, au Nord de Luxembourg et au Sud vers Plombières-les-Bains; il présente une lacune sur l'anticlinal du Hunsrück; le long de la bordure Sud des Vosges, on note la présence d'une série de rides anticlinales du socle hercynien séparée par des bassins comblés par les dépôts permiens (qui dépassent 800 m d'épaisseur dans le bassin de Ronchamp) puis par les dépôts G.I.T Ces dépôts permiens et la base des G.I.T. (Grès vosgien) montrent des lacunes sur ces rides anticlinales; les Grès bigarrés moyens ne sont plus alors représentés que par un Conglomérat de base, équivalent latéral du Conglomérat principal.

c) Les Grès bigarrés supérieurs (Couches intermédiaires et Grès à Voltzia) s'étendent au Sud-Ouest jusqu'à Chatillon-sur-Seine, à l'Ouest jusque vers Troyes; au Nord, ils s'arrêtent par érosion sur le flanc des Ardennes, offrant quelques témoins dans le synclinal de l'Eifel. Au Sud, le faciès Grès à Voltzia, représentant le sommet de l'ensemble des G.I.T., semble limité au voisinage des affleurements, contournant le bassin de Lure par le Sud et passant au Sud de Montbéliard.

./.

1.2.3 Carte des isopaches des G.I.T. (cf. annexes n° 1 et 2)

Cette carte a été tracée à partir des critères délimitant les faciès germaniques des G.I.T. L'épaisseur de l'ensemble de la formation augmente régulièrement d'Ouest en Est.

0 - 10 m à l'Est de Troyes
100 m vers Bar-le-Duc
200 m entre Commercy et Toul
300 m vers Nancy
400 m vers Lunéville
500 m ou plus dans les Vosges du Nord (Phalsbourg, la Petite Pierre, Bitche).

Les courbes isopaches suivent l'allure générale des grandes lignes structurales qui existaient lors de la sédimentation des G.I.T. : amincissement à l'approche des seuils (Ardennes - Hunsrück - Morvan - Vosges; épaississement dans les bassins (Luxembourg, axe Nancy - Saverne). Ces courbes sont à peu près perpendiculaires à la ligne des Vosges hercyniennes et forment des auréoles centrées sur le secteur Sarrebourg-Saverne.

1.2.4 Puissance des différents faciès des G.I.T.

Le Grès d'Annweiler atteint 50 à 60 m dans les Vosges du Nord et doit se biseauter au niveau de Sarrebourg.

- Le Conglomérat inférieur a une extension mal connue, son épaisseur étant de 5 à 10 m.

- Les Grès vosgiens ont une épaisseur de 400 m et plus dans les Vosges du Nord, de 300 m au niveau de Lunéville, 150 m vers Toul, 50 m vers Commercy et se biseautent vers Bar-le-Duc.

./.

- Le Conglomérat principal est présent sur de vastes étendues, disparait vers le Sud-Ouest et sans doute vers l'Ouest avec le Grès vosgien, son épaisseur maximum de l'ordre de 50 à 60 m à St. Dié - Epinal, passe à 15 - 20 m dans les Vosges du Nord et les Vosges du Sud, puis diminue régulièrement vers le Sud, l'Ouest et le Nord en auréoles centrées sur la région de St. Dié - Epinal.

- Les Grès bigarrés supérieurs ont une épaisseur de 80 à 90 m dans les Vosges du Nord (65 m pour les Couches intermédiaires et 15 à 20 m pour les Grès à Voltzia) et diminuent régulièrement d'épaisseur vers le Sud-Ouest, l'Ouest et le Nord-Ouest.

La diminution d'épaisseur de l'ensemble des G.I.T. se fait toujours par le bas : à l'approche des seuils de sédimentation, cette diminution affecte d'abord le Grès vosgien, puis le Conglomérat principal, puis les Couches intermédiaires ...

1.3 Tectonique

1.3.1 Histoire post-sédimentaire des G.I.T.

Après s'être déposées dans et surtout en bordure de la mer du Trias germanique, les formations des G.I.T. ont été recouvertes par les cycles de sédimentation suivants, puis basculées vers l'Ouest par la montée du massif Vosges - Forêt-Noire et la subsidence du bassin de Paris. Ce mouvement de bascule a déterminé la position générale des G.I.T. par rapport à la topographie actuelle :

- enfouissement en profondeur vers l'Ouest (jusqu'à -2.000 m vers Troyes, - 2.500 m vers Paris)

- élévation et érosion à l'Est et au Nord, où les affleurements des G.I.T. forment une ceinture depuis le Luxembourg jusqu'au territoire de Belfort, en passant par le Hunsrück, la Sarre, la Haarth et les Vosges.

./.

1.3.2 Structures actuelles (cf. carte annexe n° 1 et coupes structurales annexe n° 3)

Cette ligne structurale générale est modulée par des structures anticlinales et synclinales, allongées suivant la direction varisque et découpées de failles appartenant au réseau principal (direction varisque) et au réseau orthogonal.

On distingue, du Nord-Ouest au Sud-Est :

- L'anticlinal des Ardennes, sur le flanc Sud-Est duquel affleurent les G.I.T.

- Le Synclinal du Luxembourg (Audun-le-Roman, Luxembourg, Bilburg).

- L'anticlinal du Hunsrück (pays de Trèves, Sierck-les-bains.

- Le synclinal de Neunkirchen (limité au Sud-Est par la grande faille de Metz).

- L'anticlinal de Lorraine (Pont-à-Mousson - Sarre).

- Le synclinal de Sarreguemines (Nancy - Château-Salins - Sarreguemines - Kaiserslautern).

- L'anticlinal Vosges - Forêt-Noire.

La plupart de ces lignes structurales existaient déjà, plus ou moins marquées, lors des dépôts des G.I.T.; elles ont été rajeunies par les plissements alpins qui ont fait rejouer ces anciennes structures.

./.

S O M M A I R E

CHAPITRE 2

HYDROGEOLOGIE DES G.I.T.

		p.
2.1	Géométrie du réservoir aquifère des G.I.T.	12
2.1.1	Limites horizontales	12
2.1.2	Limites verticales	14
2.2	Zones d'alimentation de la nappe	15
2.2.1	Mécanisme d'alimentation de la nappe	15
2.2.2	Différents cas de situation des G.I.T. en zone d'alimentation	16
2.2.3	Coefficient d'infiltration	16
2.3	Zones de drainage de la nappe	18
2.3.1	Mécanisme de drainage	18
2.3.2	Différents cas de situation des G.I.T. en zone de drainage	18
2.4	Piézométrie de la nappe aquifère des G.I.T.	19
2.4.1	Sens général d'écoulement	19
2.4.2	Lignes de partage des eaux souterraines - Bassin Versant de la nappe des G.I.T.	19
2.4.3	Distribution du gradient de la surface piézométrique de la nappe des G.I.T.	20
2.4.4	Etat initial de la nappe aquifère des G.I.T.	21
2.4.5	Comparaison des piézomètries initiales et actuelles de la nappe	23
2.4.6	Distribution actuelle du rabattement global de la nappe des G.I.T.	24

./.

p.

2.5 Hydrologie des zones en affleurement des G.I.T. 25

2.5.1 Pluviométrie 25

2.5.2 Drainage des rivières 26

2.5.3 Essai de bilan hydrologique d'un bassin gréseux 27

2.6 Caractéristiques hydrodynamiques des G.I.T.

2.6.1 Pompages d'essai - Méthode d'interprétation 29

2.6.2 Mesures effectuées - Validité 32

2.6.3 Hétérogénéité verticale des G.I.T. - Epaisseur captée 33

2.6.4 Calcul de la perméabilité et de la transmissivité moyenne des G.I.T. 35

2.6.5 Distribution des valeurs de la perméabilité 37

2.6.6 Distribution des valeurs de la transmissivité 38

2.6.7 Le coefficient d'emmagasinement 40

2.7 Minéralisation de l'eau de la nappe des G.I.T. 41

2.7.1 Distribution d'ensemble de la minéralisation - Résidu sec 41

2.7.2 Origine et nature de la minéralisation 42

2.7.2.1 Minéralisation originelle 42

2.7.2.2 Minéralisation des zones faillées 43

2.7.2.3 Cas de la nappe des G.I.T. au Luxembourg 44

2.7.2.4 Secteur de Vittel - Contrexeville 45

2.7.3 Le fer dans les eaux des G.I.T. 46

2.7.3.1 Le fer dans les G.I.T. 46

2.7.3.2 Oxydation des tubages 47

2.7.3.3 Valeurs observées dans les forages 47

2 - HYDROGEOLOGIE DES G.I.T. -

2.1 Géométrie du réservoir aquifère des G.I.T.

L'ensemble des G.I.T. du Nord-Est de la France constitue, du fait de sa perméabilité de milieu poreux et de sa fracturation (failles, diaclases, micro-fissures) un réservoir aquifère important. Les limites hydrogéologiques de ce réservoir aquifère sont les suivantes :

2.1.1 Limites horizontales

Après les remarques qui ont été faites relativement à l'extension du faciès gréseux du Trias inférieur, il est difficile de donner une limite à la nappe aquifère des G.I.T.: l'extension du réservoir aquifère semble beaucoup plus étendue que les limites des faciès germaniques typiques du Trias inférieur.

Néanmoins, il semble que l'allure générale de l'écoulement de la nappe aquifère des G.I.T. permette de circonscrire un ensemble hydrogéologique homogène, l'indétermination de la limite Ouest étant toutefois difficile à éliminer, mais le fait que l'eau dans la partie Ouest du réservoir est salée et occupe une place en bordure de l'écoulement général de la nappe des Vosges vers la Sarre, permet de supposer que ce "coin salé" de la nappe des G.I.T., quelle que soit son extension vers l'Ouest, n'influence que très peu le comportement de la nappe dans le secteur qui nous intéresse.

Ceci étant posé, on peut délimiter la nappe aquifère des G.I.T. du Nord-Est de la France de la façon suivante :

- à l'Ouest et au Sud-Ouest, limite d'extension du faciès Grès à Voltzia ;

./.

- au Nord, limite par érosion : mince ligne d'affleurements des G.I.T. sur la bordure des Ardennes et du Hunsrück. Au-delà affleurent les formations du dévono-dinantien ou le socle métamorphique et cristallin ;

- au Nord-Est, limite par érosion, mais les G.I.T. affleurent sur une grande surface (Sarre - Haarth), du fait de leur plus grande épaisseur qu'au Nord; au-delà affleurent les formations du Permien et du Carbonifère ;

- a l'Est, la nappe aquifère des G.I.T. est limitée par la ligne de partage des eaux souterraines entre le versant alsacien et le versant lorrain dans la Haarth; entre le versant, en affleurement, le plus proche de la mise sous couverture et le versant drainé, à contre pendage des G.I.T. dans les Vosges du Sud (cf. § 2.2) ;

- au Sud des Vosges, la nappe aquifère des G.I.T. appartient à un domaine indépendant, hydrogéologiquement parlant, de la nappe des G.I.T. de Lorraine. En effet, la présence du seuil morvano-vosgien d'une part, qui réduit dans ce secteur l'épaisseur des G.I.T. ou même lesfait disparaître, et le sens d'écoulement de la nappe d'autre part, qui est orienté vers le Sud, au Sud des Vosges et vers le Nord-Ouest à l'Ouest des Vosges permet de tracer une ligne de partage des eaux entre deux nappes hydrogéologiquement indépendantes.

Par ailleurs, la présence de failles au rejet assez important dans des secteurs où les G.I.T. présentent une faible épaisseur peut provoquer une discontinuité horizontale de la nappe aquifère des G.I.T.. C'est sans doute le cas dans le secteur Nord, en bordure du Hunsrück, où de nombreuses failles hachent les G.I.T. qui y sont peu épais; de même les failles des Vosges gréseuses du Sud font parfois affleurer le socle hercynien, formant ainsi des trous dans la nappe aquifère des G.I.T.

./.

2.1.2 Limites verticales

Les limites verticales de la nappe des G.I.T. sont constituées par les formations imperméables situées au mur et au toit des G.I.T.

a) Au mur des G.I.T., on rencontre :

- soit les formations permiennes : des forages profonds (charbon, pétrole) ont montré que les séries du Permien peuvent être assez gréseuses sur de très grandes épaisseurs. Néanmoins, la présence de passées argileuses importantes et des coulées volcaniques limite la perméabilité de l'ensemble de la formation et l'isole plus ou moins de la nappe des G.I.T.. D'autre part, les grandes variations d'épaisseur du Permien, et donc de ses niveaux gréseux aquifères semblent limiter la formation d'une nappe aquifère permienne. Enfin, les Grès permiens paraissent moins perméables que les G.I.T. dans leur ensemble.

Il reste que là où le Permien est épais et particulièrement gréseux (dans les bassins permiens cités) le problème du mur de l'aquifère des G.I.T. n'est pas résolu et il se peut que dans certains secteurs (peu connus sous couverture), l'aquifère des G.I.T. et celui des Grès permiens ne fassent qu'un;

- soit les formations du carbonifère, du dévonien ou le socle métamorphique ou cristallin. Dans ce cas, leur très faible perméabilité leur permet de jouer le rôle de substratum imperméable de la nappe des G.I.T.

./.

b) Au toit des G.I.T., on rencontre partout le Muschelkalk, constitué à la base par le Grès coquillier, assez argileux, puis par des formations marno-calcaires peu perméables puis par des bancs calcaires aquifères (Muschelkalk supérieur). Au-dessus se trouve la puissante formation marneuse du Keuper. De ce fait, dans tous les secteurs non faillés, on peut valablement admettre que le Muschelkalk marneux est assez imperméable pour assurer le rôle de toit étanche pour l'aquifère des G.I.T. Dans les secteurs fortement faillés, par contre, tels ceux cités dans le § précédent, on peut avoir une mise en communication de l'aquifère des G.I.T. avec celui des calcaires du Muschelkalk.

Par ailleurs, compte tenu de la grande extension des aquifères des G.I.T. et des calcaires du Muschelkalk, il est vraisemblable que les phénomènes de drainance entre ces deux aquifères existent, dans un sens ou dans l'autre suivant la piézométrie des deux nappes : sur la plus grande partie du domaine, il semble que la piézométrie des G.I.T. est plus élevée que celle des calcaires du Muschelkalk et on a donc sans doute une alimentation de la nappe des calcaires par celle des G.I.T.; en bordure des affleurements des G.I.T. par contre, le phénomène est inversé, d'autant plus dans le cas où la nappe des G.I.T. est très exploitée (cas du secteur des H.B.L. et de Vittel - Contrexeville). On a alors vraisemblablement une alimentation de la nappe des G.I.T. par la nappe des calcaires du Muschelkalk.

2.2 Zones d'alimentation de la nappe

2.2.1 Mécanisme d'alimentation de la nappe (cf. fig. 3)

Les zones d'alimentation de la nappe sont donc essentiellement localisées dans les Vosges et les Ardennes.

./.

SCHEMA DE L'ALIMENTATION DE LA NAPPE

DES G.I.T.

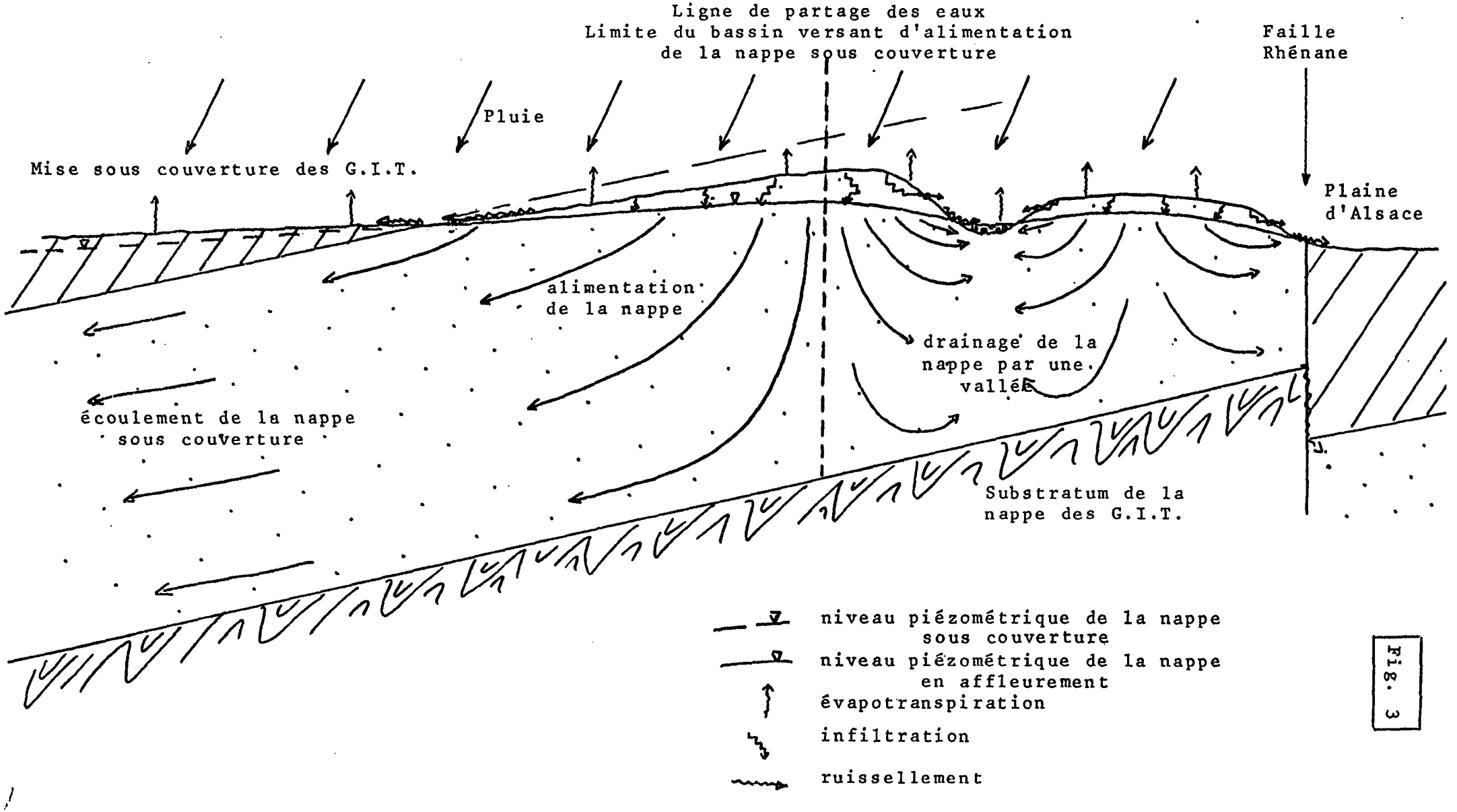


Fig. 3

Elles se présentent comme des massifs montagneux au relief assez accusé : plateaux gréseux profondément entaillés par les vallées. Le mécanisme d'alimentation de la nappe est le suivant : de la pluie, une partie ruisselle, une partie s'élimine par l'évapotranspiration et une partie s'infiltre; de la quantité infiltrée, une partie ressort sur les pentes et au fond des vallées par sources et par drainage de la nappe par les ruisseaux, l'autre partie alimente réellement la nappe profonde et s'écoule vers les zones captives.

2.2.2 Différents cas de situation des G.I.T. en zone d'alimentation

Les schémas de la figure 4 montrent les différents cas de situation des G.I.T. en affleurement, jouant le rôle d'alimentation de la nappe captive : les affleurements peuvent être drainés, en tout ou en partie, en sens inverse de l'écoulement général de la nappe des G.I.T. Dans le cas où la plus grande partie est drainée à contre sens (secteur de Phalsbourg - Saverne) la mise en pression de la nappe se fait loin sous couverture, alors que dans les autres cas, elle s'effectue pratiquement à la limite d'affleurement. La superficie qui alimente la nappe des G.I.T. est donc limitée par une ligne de partage des eaux souterraines qui se situe en deça, au delà ou en correspondance avec la ligne de partage des eaux superficielles, par rapport à l'ensemble de la nappe.

2.2.3 Coefficient d'infiltration

Si on définit un coefficient d'infiltration comme un pourcentage des précipitations qui sert à alimenter la nappe, ce coefficient dépend essentiellement :

- de la topographie des affleurements
- des conditions d'exploitation de la nappe en affleurements.

./.

a) De la topographie : sur les collines, le coefficient d'infiltration est nettement plus élevé que dans les fonds de vallées, car ces derniers sont une zone de drainage de la nappe et peuvent dans certains cas, présenter un coefficient d'infiltration négatif pour ainsi dire, car la piézométrie de la nappe y est limitée par la côte du fond de vallée, tandis qu'elle peut gonfler au droit des collines suivant le régime des précipitations. On est donc amené à donner à ce coefficient d'infiltration, des valeurs de l'ordre de 30 à 40 % pour les points hauts et de -5 à +5 % pour les points bas. Sur les points hauts, l'évapotranspiration est de l'ordre de 50 à 55 %, le ruissellement est faible, de l'ordre de 5 à 10 % et de ce fait, le coefficient d'infiltration ne peut dépasser la valeur de 40 %.

Dans ces conditions, on peut dire que la nappe des G.I.T. dans les secteurs d'alimentation est "au refus", c'est-à-dire que sa piézométrie au niveau de la mise sous couverture ou de sa mise en charge est pratiquement indépendante de la pluviométrie qui est toujours suffisante pour maintenir la nappe en charge à ce niveau.

b) Des conditions d'exploitation : dans le cas où la nappe en affleurement est exploitée, son niveau baisse et de ce fait ses exutoires naturels (sources, fonds de vallée) diminuent d'importance jusqu'à disparaître. On a alors une augmentation progressive du coefficient d'infiltration puisque pratiquement la totalité du débit infiltré à la surface du sol et non repris par l'évapotranspiration, sert à alimenter la nappe profonde. C'est le cas du secteur des H.B.L., où les exhaures des mines ont fait baisser la nappe au point d'éliminer une grande partie de ses exutoires : le coefficient d'infiltration y est de l'ordre de 30 %. C'est également le cas du secteur allemand Sarrebrück - Neunkirchen.

./.

2.3 Zones de drainage de la nappe

2.3.1 Mécanisme de drainage

Les zones de drainage de la nappe se situent là où la cote des fonds de vallée en affleurement des G.I.T. est inférieure à la cote piézométrique de la nappe adjacente sous couverture.

La partie infiltrée sur les affleurements ne fait qu'augmenter le débit d'exhaure de la nappe à cet endroit.

2.3.2 Différents cas de situation des G.I.T. en zone de drainage

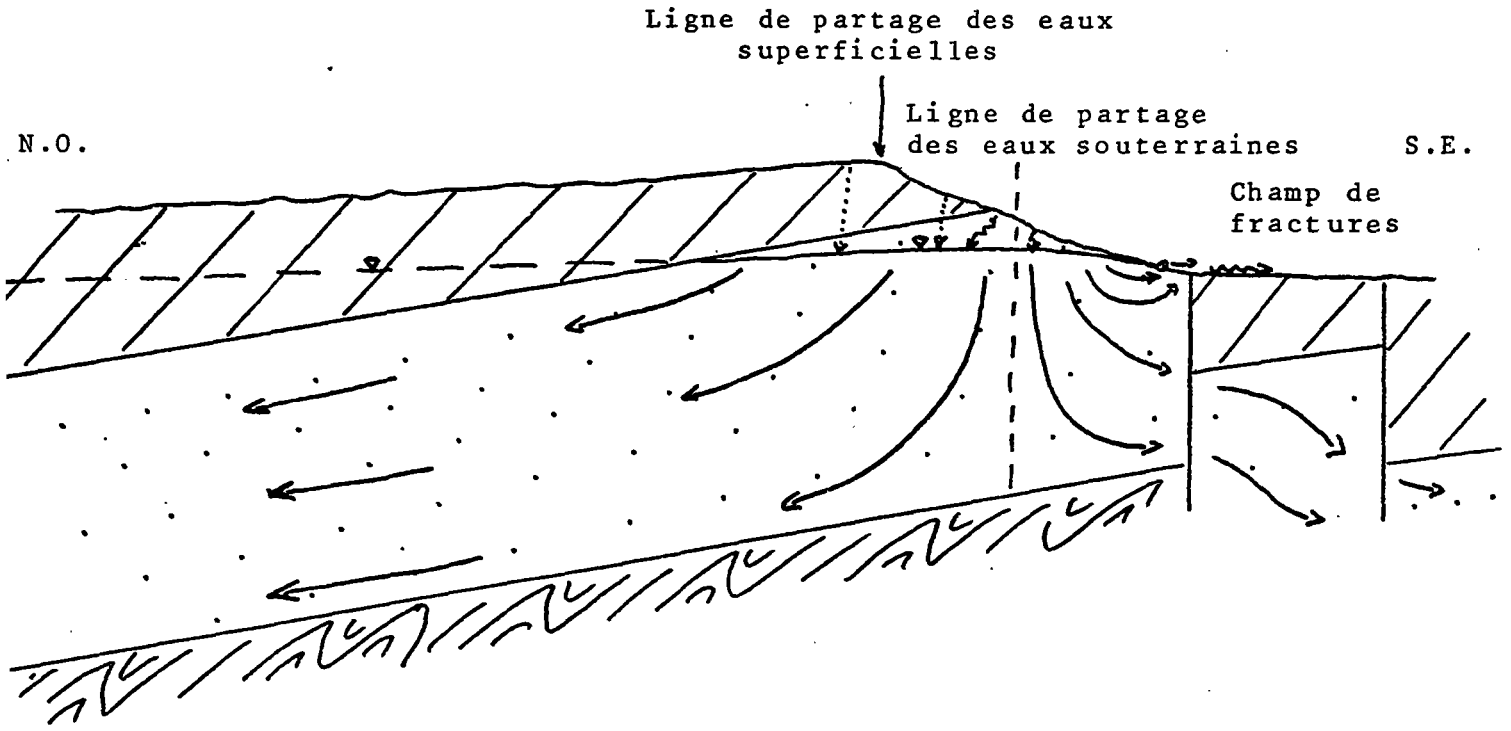
Ces secteurs se situent, soit en bordure de la nappe des G.I.T., comme dans le pays de Trèves, ou en Sarre, soit au sein même de la nappe, là où une vallée a entaillé assez profondément la couverture sédimentaire pour mettre les G.I.T. en affleurements : c'est le cas des vallées et affluents de la Blies et de la Sarre, qui provoquent des digitations d'affleurements de grès assez éloignées de la zone d'affleurements générale des G.I.T., et c'est le cas des fenêtres de G.I.T. qui apparaissent dans la vallée de la Moselle (Sierck-les-Bains) ou de la Sure (Metsdorf au Luxembourg).

./.

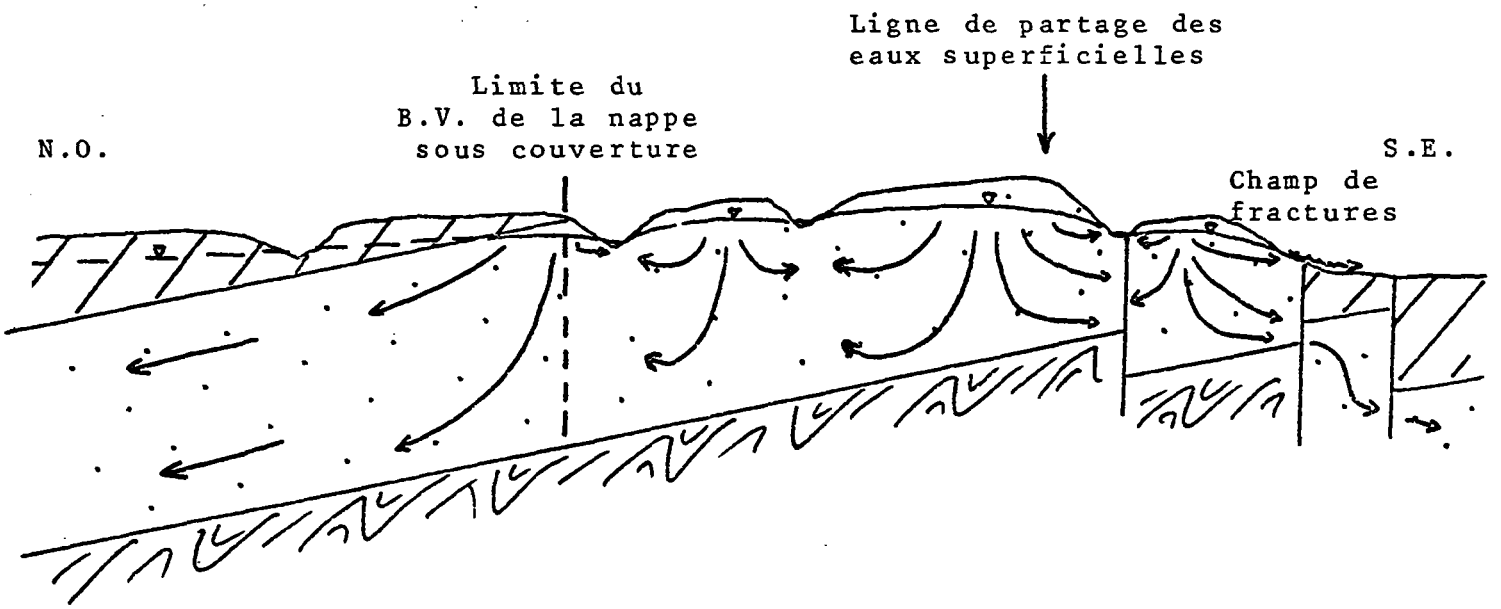
Fig. 4

SCHEMAS DES DIFFERENTS CAS

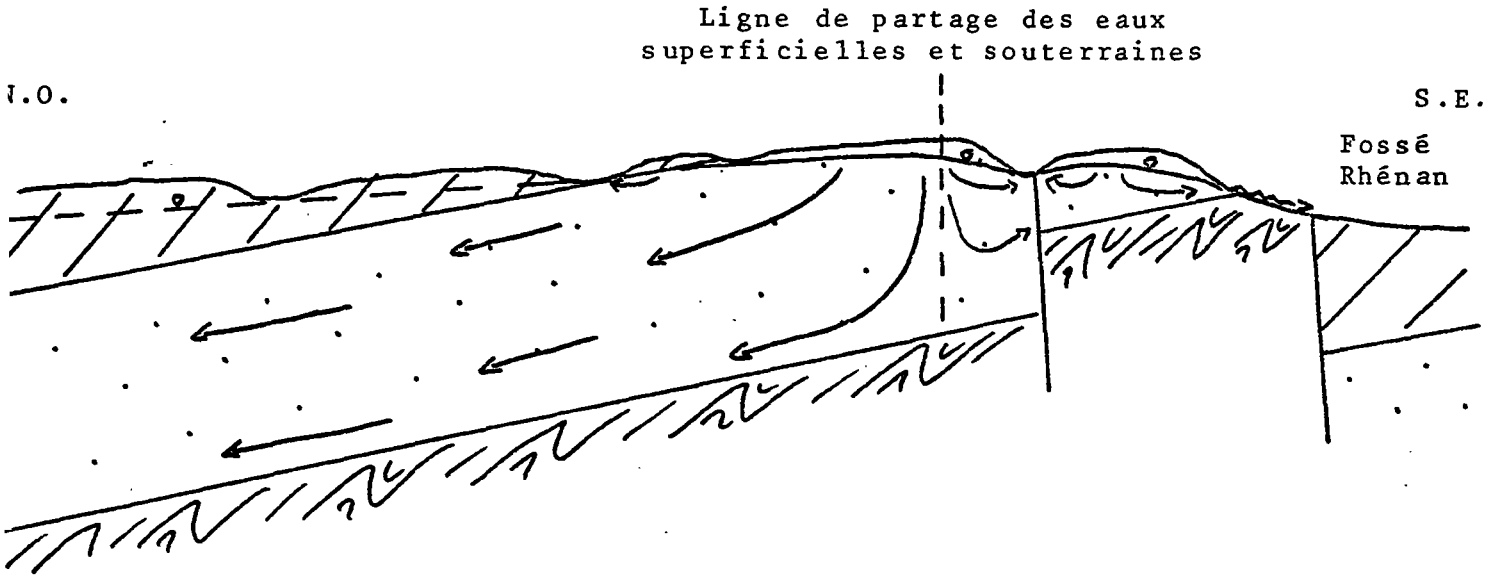
DE SITUATION DES G.I.T. EN AFFLEUREMENT



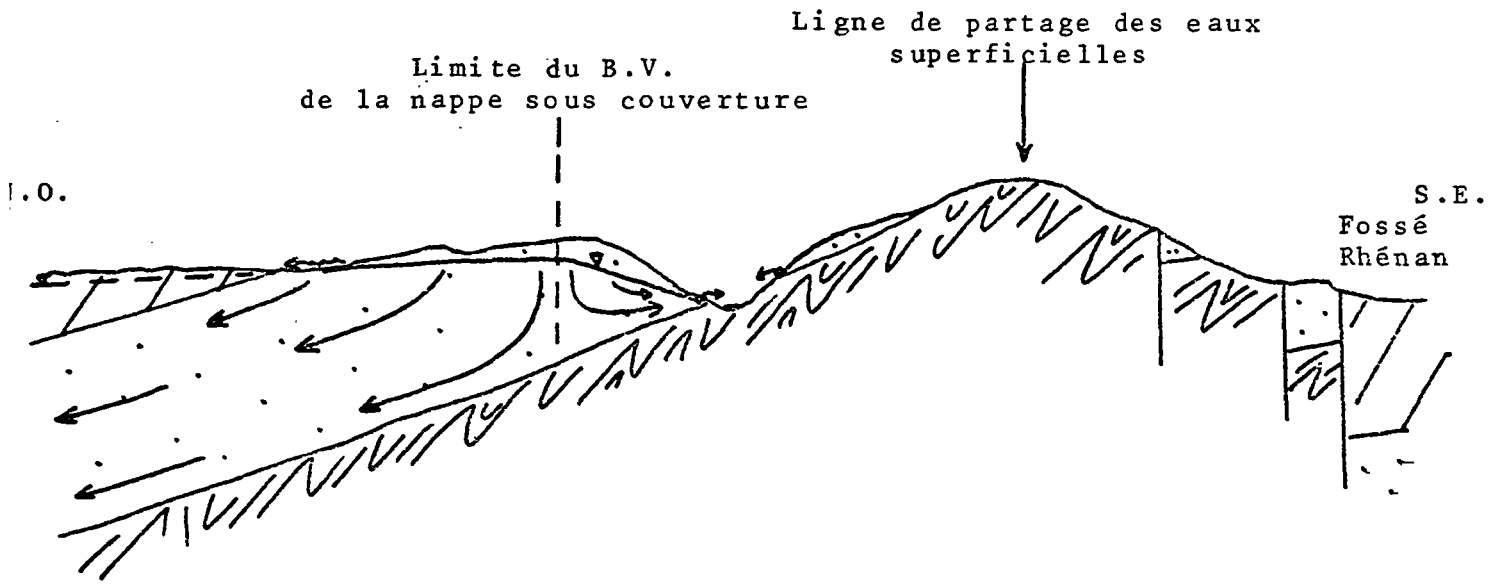
a) Secteur Phalsbourg - Saverne
Distribution analogue dans les Vosges du Sud (Vittel-Contrexeville)



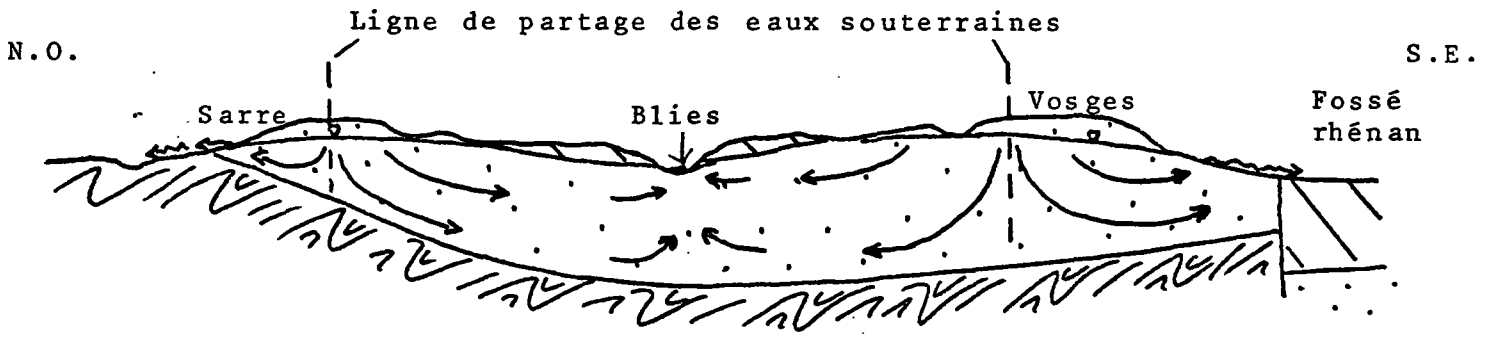
b) Vosges du Nord avec champ de fractures.



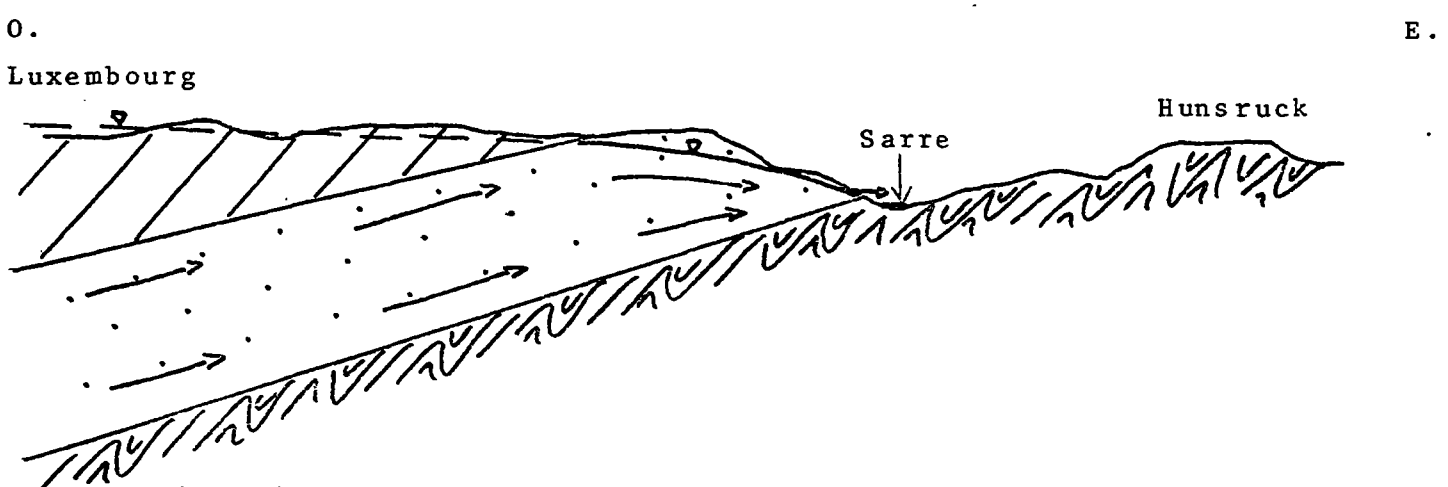
c) Vosges du Nord (affleurement du socle cristallin en bordure de la faille rhénane).



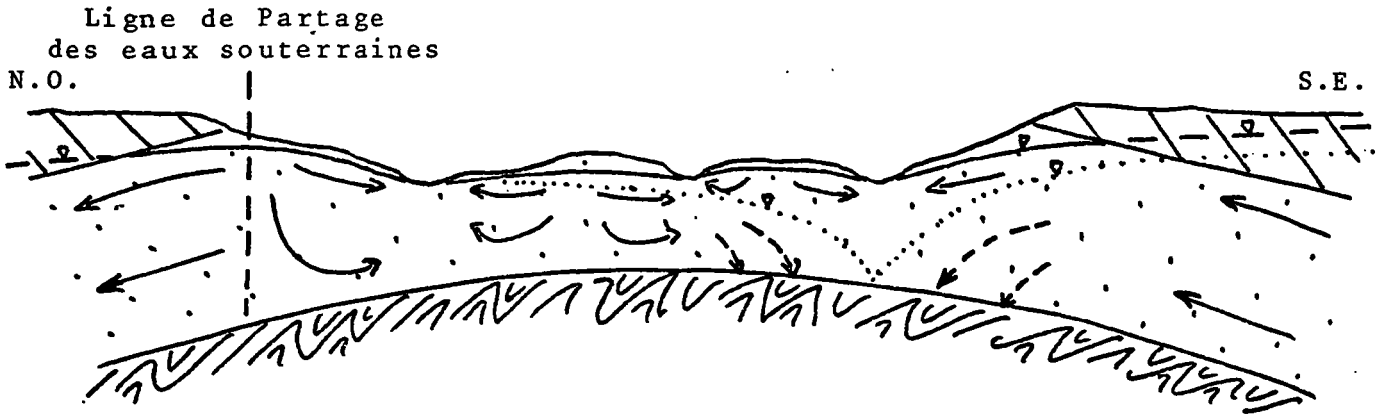
d) Vosges du Sud
Distribution analogue sur le flanc S.E. des Ardennes et de certains secteurs du Hunsruck.



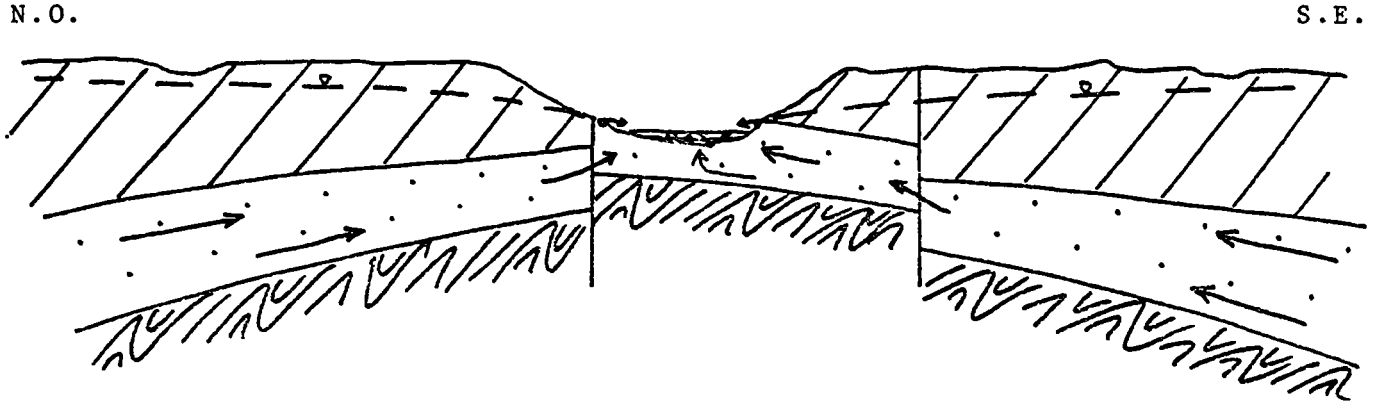
e) La Haarth, depuis la Sarre jusqu'au fossé rhénan, drainage central par la Blies



f) Drainage de la nappe sous couverture par la vallée de la Sarre.



g) Coupe en travers de la dépression sarroise. Secteur des H.B.L. On a indiqué en pointillé le rabattement provoqué par l'exhaure des mines (drainage de la nappe par le fond), qui accentue dans ce cas, le drainage naturel de la nappe qui vient du S.E.



h) Sierck-les-Bains (fenêtre de G.I.T.)
Drainage de la nappe par la vallée de la Moselle.

2.4 Piézométrie de la nappe aquifère des G.I.T.

2.4.1 Sens général d'écoulement (cf. annexe n° 4)

La nappe aquifère des G.I.T. est alimentée par les précipitations sur l'ensemble des affleurements et sans doute, dans certains secteurs, par drainance à partir des calcaires du Muschelkalk. Du fait de la différence d'altitude de ces affleurements, certains jouent le rôle de château d'eau (Vosges et Ardennes), d'autres le rôle de drain (Sarre, Pays de Trèves, Sierck-les-Bains). L'écoulement général de la nappe se fait donc Sud-Nord des Vosges vers la Sarre, et Nord-Ouest - Sud-Est des Ardennes vers le Pays de Trèves.

Les cotes piézométriques de la nappe dans ces différents secteurs en affleurement sont les suivantes :

Vosges	-	250 à 350	à la mise sous couverture
Sarre	-	190 à 220	zone de drainage
Ardennes	-	250 à 300	à la mise sous couverture
Pays de Trèves	-	130 à 150	zone de drainage
Sierck-les-Bains	-	145 à 150	zone de drainage.

2.4.2 Lignes de partage des eaux souterraines - bassin versant de la nappe des G.I.T.

La ligne de partage des eaux souterraines qui circonscrit le domaine de la nappe des G.I.T. du Nord-Est de la France en tant qu'ensemble hydrogéologique cohérent, correspond donc à la ligne de partage des eaux souterraines en affleurement située le plus près de la mise sous couverture des G.I.T.

./.

Elle correspond à peu près à la ligne de partage principale des eaux superficielles dans la Haarth et les Vosges du Nord ;

- dans les Vosges du Sud et les Ardennes, les massifs gréseux sont traversés par les cours d'eau qui viennent des massifs antétriasiques, et le bassin versant de la nappe des G.I.T. correspond à une ligne de partage d'eaux superficielles secondaire ;

- dans les Vosges gréseuses d'extrême Sud, la plus grande partie des affleurements appartient au bassin versant de la Saône et est drainée vers le Sud dans un secteur où la nappe des G.I.T. est pratiquement indépendante hydrogéologiquement du reste de l'aquifère étudié ;

- dans les affleurements du Hunsrück, cette limite correspond à la ligne de partage des eaux superficielles Sarre - Moselle.

2.4.3 Distribution du gradient de la surface piézométrique de la nappe des G.I.T.

Le gradient de la nappe varie de la façon suivante :

- en zone d'affleurement, il est lié à la topographie et d'autant plus fort que le drainage par les vallées est important. Ilest de l'ordre de 5.10^{-3} à 1 ou 2.10^{-2} ;

- en zone sous couverture, le gradient est beaucoup plus faible, surtout au centre de la nappe où il est de l'ordre de 3.10^{-4} à 10^{-3}, mais il augmente en se rapprochant des affleurements et il peut atteindre 10^{-2} à la limite zone libre - zone captive. Le secteur où le gradient est le plus faible (environ 3.10^{-4}) est situé à l'Ouest, c'est-à-dire dans la zone la plus éloignée des affleurements ;

./.

- dans les zones fortement exploitées, le gradient du cône de dépression peut être très important : dans le secteur des H.B.L., on note des gradients pouvant atteindre 5.10^{-2} à 1 km du centre du cône ;

- le gradient varie également suivant les caractéristiques hydrodynamiques des terrains aquifères : transmissivité et coefficient d'emmagasinement (cf. § 2.6).

2.4.4 État initial de la nappe aquifère des G.I.T.

On situe l'état initial de la nappe, c'est-à-dire non perturbé par des pompages, vers le début du siècle, car si les pompages par forages n'ont véritablement commencé qu'après 1930, les exhaures des mines des H.B.L. étaient déjà notables auparavant. De ce fait, l'établissement d'une carte piézométrique de la nappe aquifère des G.I.T. à l'état initial est très aléatoire, car les mesures piézométriques dans les forages sous couverture n'ont pu commencer que bien après les pompages : on obtenait des niveaux piézométriques de la nappe déjà influencée par ces pompages antérieurs. Néanmoins, ces exhaures de mines étaient prélevées dans la nappe des G.I.T. en affleurements, donc bien réalimentée par la pluviométrie. Malheureusement, en même temps que l'on exécutait des forages sous couverture, commençait en 1931 l'exploitation de la mine de Folschwiller - Faulquemont, située sous couverture, où les débits d'exhaure atteignaient déjà 330 l/s en 1950. Ces exhaures se font dans les G.I.T. sous couverture et ont donc une large répercussion sur la piézométrie amont, vers les Vosges.

Compte tenu de ces difficultés, on a tracé une carte piézométrique initiale, appuyée sur quelques rares cotes relevées dans les forages de charbon et puits de mines et interpolée entre les cotes de la nappe aux affleurements (Vosges, Sarre, Hunsrück, Luxembourg).

./.

a) Le long des affleurements des Vosges, la nappe était, comme encore actuellement, au refus, et peut-être le gradient était semblable à la mise sous couverture (cf. § 243) ou légèrement plus faible : la nappe ayant baissé à l'aval par la suite, il se peut que l'augmentation moyenne du gradient entre la Sarre et les Vosges se soit fait sentir jusqu'en bordure des affleurements, où la nappe peut être considérée comme à un niveau constant; le débit d'alimentation des affleurements des Vosges aura alors augmenté en fonction du gradient de la nappe à la mise sous couverture.

b) Les affleurements de la cuvette de la Sarre à l'état initial jouaient déjà le rôle de drain pour la nappe des G.I.T., compte tenu de leur cote topographique : 210 à 230 m; par contre, le long de la bordure Ouest et Sud-Ouest de ces affleurements, topographiquement plus élevés, la piézométrie de la nappe formait une ligne haute, dont la cote dans le secteur Longeville-les-St. Avold était supérieurre à celle de la nappe sous couverture en amont : 260 m à Longeville et 250 m vers Faulquemont. Le gradient de la nappe entre ce secteur et les Vosges était donc très faible et formait une crête, ligne de partage des eaux; au Nord-Est la nappe était drainée par la cuvette de la Sarre; au Sud-Ouest, la nappe s'écoulait vers le Luxembourg.

c) Le drainage de la nappe par la rivière Sarre lors de sa traversée des affleurements des G.I.T. a toujours existé, créant un point bas de la piézométrie, et en amont sous couverture un axe de drainage qui sépare la nappe au Nord-Est (Allemagne) de la nappe au Sud-Ouest, secteur qui nous intéresse.

d) Dans le secteur de Vittel - Contrexeville, situé à la limite Sud du domaine d'étude, donc très loin des pompages d'exhaure des H.B.L., et en bordure des affleurements, on peut admettre que les mesures piézométriques effectuées dans les premiers forages représenteraient à peu de chose près la piézométrie originelle de la nappe (300 à 315 m) décroissant régulièrement vers le Nord-Ouest.

./.

2.4.5 Comparaison des piézométries initiales et actuelles de la nappe

A part les secteurs influencés directement par les exhaures des mines des H.B.L., où la surface piézométrique est entièrement changée, la nappe a gardé à peu près la même allure. Les pompages sous couverture sont dispersés (sauf quelques secteurs comme Sarreinsming ou Vittel - Contrexeville) et la nappe a baissé dans son ensemble, en auréoles de rabattement décroissant centrées sur le secteur des H.B.L. et particulièrement sur le siège de Faulquemont.

En effet la zone haute de Faulquemont aux Vosges est devenue un axe de drainage continuant son rôle de ligne de partage des eaux principale, non plus en crête mais en dépression.

Les pompages effectués le long de la rivière Sarre (à Sarreguemines, Sarreinsming, Zetting, Wittring ...) ont accentué l'axe de drainage existant auparavant, et l'ont étendu vers les Vosges, renforçant son rôle de ligne de partage des eaux principale.

Les pompages du secteur Vittel - Contrexeville, bien que moyennement importants, sont relativement forts pour les faibles ressources de la nappe des G.I.T. : épaisseur d'aquifère réduite, partie des affleurements alimentant la nappe vers le Nord-Ouest très réduite, la majeure partie étant drainée vers le Sud par le bassin de la Saône. De ce fait, la dépression créée par ces pompages en bordure des affleurements coupe l'alimentation de la nappe vers l'aval, et peut même la drainer en sens contraire du courant initial.

./.

2.4.6 Distribution actuelle du rabattement global de la nappe des G.I.T.

A partir des hypothèses effectuées sur la piézométrie initiale de la nappe (disons en 1900) et de la piézométrie 1969, on peut évaluer le rabattement global que la nappe a subi suivant les secteurs :

a) Entre les Vosges et la Sarre, ce rabattement est d'environ 20 m dans le secteur de Sarreguemines, 30 m dans le secteur de Dieuze - Château-Salins.

b) Vers le Sud-Ouest, ce rabattement est de 30 m à Lunéville, 35 m vers Nancy et 30 m à Metz; plus à l'Ouest, de l'ordre de 15 - 20 m vers Commercy.

c) En se rapprochant du secteur des H.B.L., ces rabattements augmentent rapidement pour atteindre 70 à 80 m à Faulquemont, 35 à 40 m en amont des entonnoirs de Merlebach et Forbach, sous couverture, et 100 à 120 m au droit de ces entonnoirs en affleurement.

d) En se rapprochant des Vosges, ces rabattements diminuent régulièrement pour s'annuler à la limite d'affleurement.

e) Vers le Nord, l'influence des pompages des H.B.L. se fait moins sentir, car séparés par les affleurements le long de la Sarre. Néanmoins, la baisse de la nappe en amont a diminué le gradient, la cote des points de drainage restant constante (Sierck-les-Bains par ex.) ; les rabattements sont de 5 à 10 m.

./.

On constate dans la plupart des forages, une baisse moyenne du niveau piézométrique de la nappe de 0,5 à 1,5 m/an, au cours de la dernière décade ; il est bien évident que ce rabattement est allé en croissant, surtout à partir de 1930, début des pompages sous couverture de la mine de Faulquemont et des forages profonds : de ce fait, une baisse moyenne de 0,5 à 1 m/an donne 20 à 40 m pour les 40 années écoulées depuis 1930.

2.5 Hydrologie des zones en affleurement des G.I.T.

Les données hydrologiques qui interviennent dans l'hydrogéologie de la nappe des G.I.T. sont d'une part, la distribution de la pluviométrie sur les affleurements, d'autre part la morphologie des bassins versants et leur situation par rapport à la limite d'affleurement et à la ligne de partage des eaux souterraines.

2.5.1 Pluviométrie (cf. fig. n° 5)

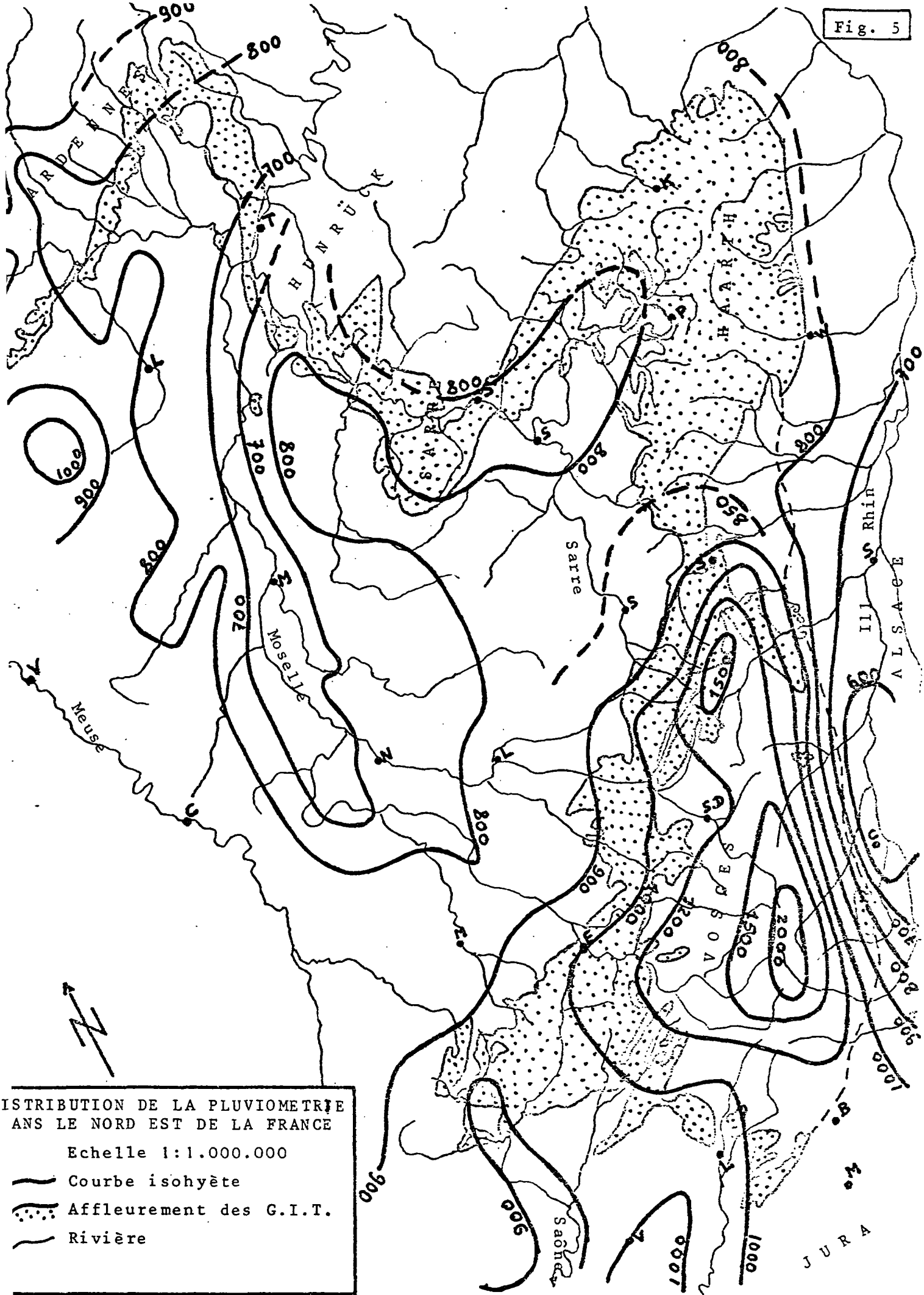
La pluviométrie est variable d'un point à un autre sur les affleurements des G.I.T., essentiellement dans les Vosges en fonction de l'altitude :

- elle passe de 800 à 900 mm/an au pied des Vosges, à 1.500 à 1.600 mm/an sur la crête avec des pointes à 2.000 mm/an et plus dans des secteurs localisés des Hautes Vosges (Vosges du Sud) ; néanmoins ces secteurs ne sont pas gréseux mais granitiques ou schisto-grauwackeux (hercyniens) ;

- dans les Basses Vosges (Vosges du Nord) elle est de 800 - 900 mm/an, de même qu'en Sarre ;

./.

Fig. 5



DISTRIBUTION DE LA PLUVIOMETRIE
ANS LE NORD EST DE LA FRANCE

Echelle 1:1.000.000

Courbe isohyète

Affleurement des G.I.T.

Rivière

- la pluviométrie diminue vers le Nord, le long de la Moselle et de la Sarre : les affleurements du Hunsrück reçoivent environ 750 mm/an, et ceux du Luxembourg, 800 mm/an.

Les variations mensuelles moyennes de la pluviométrie suivant les secteurs sont données dans le tableau n° 1 Ces valeurs font apparaître une période pluvieuse en juin - juillet - août (orages) (et parfois en novembre - décembre - janvier) et une période peu pluvieuse en février - mars - avril.

2.5.2 Drainage des rivières

Les différents cas types de la morphologie de ces affleurements en relation avec l'alimentation ou le drainage de la nappe des G.I.T. ont déjà été présentés. Suivant cette morphologie, nous avons pu voir les situations respectives des lignes de partage des eaux souterraines et superficielles.

Les débits des rivières qui drainent ces affleurements peuvent être estimés d'après deux exemples extrêmes, celui de la Sarre et celui de l'Eichel (d'après les chiffres de 1969).

a) Le haut bassin de la Sarre est entièrement gréseux, la rivière entaillant profondément ces massifs. De ce fait, elle draine fortement la nappe des G.I.T.

La Sarre rouge et la Sarre blanche ont toutes deux un débit spécifique annuel de l'ordre de 20 $l/s/km^2$; en période d'étiage ce débit se maintient à 9 $l/s/km^2$, du fait de l'alimentation de la rivière par la nappe des G.I.T.

./.

Tableau 1

Zone	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
Vittel-Luxeuil	80	65	60	65	70	95	80	90	85	85	95	75	945
Epinal	95	90	70	85	85	100	95	100	95	95	105	85	1100
Rambervillers	80	65	55	70	75	90	85	95	90	80	85	75	945
Badonviller	90	80	70	75	80	110	100	90	90	90	100	80	1055
Phalsbourg	70	60	60	70	70	85	90	85	75	80	85	70	900
Bitche	65	55	55	65	70	80	75	85	75	70	85	60	840
Sarre	80	60	50	70	65	75	75	80	75	80	80	80	870
Merzig	75	60	45	65	65	70	70	75	65	80	90	80	840
Orscholz Saarburg	70	55	40	55	55	65	65	70	55	70	80	70	750

b) La comparaison avec un bassin de 265 km^2 où une partie est gréseuse, 1/3 du bassin, l'autre semi-perméable (Muschelkalk - Keuper) montre que pratiquement la totalité du débit d'étiage provient du bassin gréseux, avec un débit spécifique d'étiage rapporté à ce bassin gréseux de 9 $l/s/km^2$.

On peut donc dire qu'en période d'étiage sans ruissellement (pluviométrie très faible), le drainage des affleurements des G.I.T. par les rivières est de l'ordre de 9 $l/s/km^2$.

La période d'étiage est de Août à Octobre et la période de hautes eaux au printemps, à la fonte des neiges; les fortes crues sont dues à une pluie importante se superposant à une fonte des neiges accélérée.

En période de hautes eaux, l'augmentation du débit spécifique est essentiellement due au ruissellement, l'augmentation du débit fourni par la nappe étant faible car étalée en fonction du temps de transfert surface du sol/nappe, qui, sous les collines, peut être notable.

2.5.3 Essai de bilan hydrologique d'un bassin gréseux

Les deux bassins choisis pour ce calcul de bilan ont une morphologie très différente.

Le bassin de la Sarre rouge est allongé perpendiculairement à la limite d'affleurement générale des G.I.T. : 14 km de profondeur, pour un front de 6 km environ.

Le bassin de l'Eichel, dans sa partie haute, est gréseux sur une profondeur de 3 à 5 km, mais sur un front de 20 km.

./.

Par ailleurs, la pluviométrie annuelle en 1969, répartie sur le bassin versant gréseux est de 1.280 mm pour la Sarre rouge et de 880 mm pour l'Eichel.

Le calcul du débit infiltré est le suivant :

	Sarre rouge	Eichel	
Pluviométrie (mm)	+ 1280	+ 880	
E.T.R. (mm)	- 540	- 434	
Lame d'eau écoulée (mm)	- 630	- 436	
Lame d'eau infiltrée (mm)	110	10	On suppose que toute l'eau s'est infiltrée sur le bassin gréseux
Superficie de bassin gréseux (km^2)	90/90	90/265	
Débit infiltré (l/s)	330	90	
Front de bassin (km)	6	20	
Débit infiltré par km de front de bassin (l/s/km)	55	4,5	

Ces deux cas sont extrêmes mais la morphologie moyenne des affleurements, leur surface utile pour l'alimentation de la nappe et la pluviométrie, sont plus proches du cas de l'Eichel que de celui de la Sarre.

Par ailleurs, si l'on calcule au niveau de chacun de ces bassins, les possibilités d'écoulement de la nappe, on obtient (par km de front) :

	Sarre rouge	Eichel
Perméabilité K (m/s)	10^{-5}	10^{-5}
Epaisseur d'aquifère H (m)	500	500
Gradient i	10^{-2}	2.10^{-3}
Q = K.H.i (l/s/km)	50	10

Ces chiffres correspondent à peu près à ceux donnés par le bilan des bassins versants.

./.

La longueur des affleurements alimentant la nappe captive à l'Ouest des Vosges est de 150 km environ. La profondeur moyenne d'affleurements utiles est de l'ordre de 5 km. On a donc une surface utile d'alimentation de 750 km^2.

Si on prend une pluviométrie moyenne de 900 mm avec un coefficient d'infiltration de 3 à 10 % (8 à 10 % pour le bassin de la Sarre, 3 à 4 % pour le bassin de l'Eichel) on obtient un débit d'alimentation de la nappe des G.I.T. par les affleurements des Vosges de 0,7 à 2,2 m^3/s, soit 20 à 70 millions de m^3/an. Par ailleurs, le calcul des possibilités d'écoulement de la nappe à sa mise sous couverture le long des Vosges donne :

Perméabilité moyenne	:	$K = 10^{-5}$ m/s	
Epaisseur moyenne d'aquifère	:	H = 300 m	Q = KHLi
Gradient moyen	:	$i = 2 \text{ à } 5.10^{-3}$	Q = 0,9 à 2,2 m^3/s
Longueur du front	:	$L = 150 \times 10^3$ m	

Ces chiffres donnent une idée de l'ordre de grandeur du débit d'alimentation de la nappe des G.I.T. par les affleurements des Vosges = 1 à 2 m^3/s (30 à 60 $M.m^3/an$).

2.6 Caractéristiques hydrodynamiques des G.I.T.

2.6.1 Pompages d'essai - Méthodes d'interprétation

Les caractéristiques hydrodynamiques des terrains aquifères peuvent être déterminées par l'interprétation des pompages d'essai : les mesures simultanées du niveau d'eau dans un forage (et dans des piézomètres le cas échéant), et des débits pompés, permettent de tracer des graphiques à partir desquels se fait le calcul de la transmissivité T et du coefficient d'emmagasinement S, de ces terrains.

./.

- Deux méthodes d'interprétation sont utilisées :

a) l'une, appelée méthode de Wenzel, utilise un abaque construit à partir de l'équation de Theis

$$\frac{s}{Q} = \frac{1}{4\pi T} \left[-Ei \left(-\frac{r^2 S}{4Tt}\right)\right]$$

avec exprimé en

s = rabattement du niveau d'eau ..... m.

Q = débit de pompage ..... m^3/sec.

T = transmissivité des terrains aquifères. m^2/sec.

S = coefficient d'emmagasinement ..... sans dimension

r = distance du point pompé au point observé (piézomètre) ..... m.

t = temps écoulé depuis le début du pompage..sec.

Ei = fonction exponentielle intégrale $Ei(a) = \int_{-a}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$

L'abaque comporte en ordonnées les valeurs de $E(z) = \frac{1}{4\pi} \left[Ei \left(-\frac{r^2 S}{4Tt}\right)\right]$, et en abscisses celles de $z = \frac{Tt}{r^2 S}$.

On porte sur un graphique bilogarithmique de même module que l'abaque, en ordonnées les valeurs de $\frac{s}{Q}$, et en abscisses les valeurs de t. On superpose la courbe expérimentale sur l'abaque, et on choisit un point au milieu de la plage de correspondance des 2 courbes; les lectures des ordonnées et abscisses de ce point sur l'abaque et le graphique expérimental, permettent de déterminer les valeurs de T et S, suivant les formules suivantes :

$$T = \frac{E.(z)}{s./Q.} \quad \text{et} \quad S = \frac{Tt}{z\ r^2}.$$

./.

b) l'autre, appelée méthode de Jacob, utilise une équation de Theis simplifiée, en éliminant les termes de son développement limité devenus négligeables pour un temps de pompage t suffisamment grand; les deux premiers termes de ce développement sont :

$$\frac{s}{Q} = \frac{1}{4\pi T} \left| - 0,577 - \text{Log} \frac{r^2 S}{4Tt} \right|$$

$$\text{soit } \frac{s}{Q} = \frac{0,183}{T} \log \frac{2,25\ Tt}{r^2\ S}.$$

Le report des valeurs de s/Q et t en ordonnées et abscisses d'un diagramme semi-logarithmique permet de tracer un graphique, dont la partie rectiligne permet de déterminer

$$T = \frac{0,183}{\Delta(s/Q)} \qquad \text{et} \qquad S = \frac{2,25\ Tt_o}{r^2}$$

$\Delta(s/Q)$ étant la valeur de l'accroissement de s/Q par cycle log., et t_o la valeur de t pour s/Q = 0, obtenu par prolongation de la partie rectiligne de la courbe.

Dans les deux cas, la valeur de S n'est calculable que si les mesures sont effectuées dans un piézomètre situé à la distance r du puits pompé. Les essais de détermination de S à partir des mesures effectuées dans le puits pompé ne sont le plus souvent pas corrects car de nombreux phénomènes parasites interviennent au niveau du puits : effet de puits, pertes de charge, etc ...

c) On peut également interpréter la remontée du niveau piézométrique de la nappe dans le puits pompé ou les piézomètres après arrêt du pompage, en utilisant la formule suivante :

./.

$$\frac{s}{Q} = \frac{0,183}{T} \log \left(\frac{t_o}{t'} + 1\right)$$

obtenue en superposant l'équation de pompage jusqu'au temps t_o et l'équation d'une réinjection à débit égal pendant le temps t'.

Le report des valeurs de $\frac{s}{Q}$ et de $\frac{t_o}{t'} + 1$ en ordonnées et abscisses d'un diagramme semi-logarithmique permet de déterminer T à partir de la partie rectiligne du graphique :

$$T = \frac{0,183}{\Delta(s/Q)}.$$

d) Dans les cas où les mesures effectuées dans un puits lors d'un pompage d'essai sont insuffisantes pour tracer ces graphiques, mais permettent de tracer une courbe caractéristique s = f (Q) (obtenue par des paliers pseudo-stabilisés) on peut déterminer un débit spécifique q (exprimé en m^2/s et donc homogène à la transmissivité), en prenant la pente de la tangente à l'origine de cette courbe caractéristique. De fait, q est généralement du même ordre de grandeur que T, mais comme il intégre les pertes de charges au niveau du puits, il est inférieur et de l'ordre de la moitié de la valeur de la transmissivité réelle des terrains (dans le cas des forages captant les G.I.T.)

2.6.2 Mesures effectuées - Validité

La plupart des calculs de la valeur de la transmissivité a été effectuée sur d'anciennes mesures lors du pompage d'essai de mise en service du puits : ces mesures et les conditions dans lesquelles se sont déroulés ces essais rendent souvent l'interprétation difficile et aléatoire, sinon impossible. De plus, ces essais ont souvent été de trop courte durée relativement au temps de réponse de la nappe.

./.

Par contre, un certain nombre de pompages d'essai a été réalisé récemment dans de bonnes conditions et sur une période assez longue pour obtenir un état transitoire correct de la nappe.

Le calcul de la transmissivité T s'est effectué le plus souvent par la méthode de Jacob, à partir de mesures réalisées dans le forage pompé; les mesures de niveau d'eau dans des piézomètres situés à une distance valable du point pompé pour permettre une interprétation sont très rares et de ce fait les valeurs calculées du coefficient d'emmagasinement S le sont également.

L'ensemble des valeurs ainsi calculées de T et S est consigné dans le tableau en annexe n° 5.

2.6.3 Hétérogénéité verticale des G.I.T. - Epaisseur captée

A partir de la valeur T, ainsi mesurée, s'est posé le problème du calcul de la valeur de la perméabilité K des G.I.T. Il faut noter les points suivants :

a) La plupart des anciens forages (réalisés entre 1930 et 1960) capte la partie supérieure des G.I.T. et dépasse rarement le Conglomérat principal, compte tenu des questions techniques et économiques de l'époque.

b) Les forages plus récents (10 dernières années) atteignent une plus grande profondeur mais aucun ne capte l'ensemble des G.I.T. : pour des raisons économiques, tous les forages d'eau ne captent que les 200 ou 250 premiers mètres des Grès vosgiens, sous le Conglomérat principal; il en reste encore 100 à 150 mètres à capter. Pour des raisons techniques, les

./.

Grès bigarrés supérieurs, au-dessus du Conglomérat principal sont éliminés par tubage et cimentation, car ils présentent souvent une mauvaise tenue en paroi nue et donnent une eau généralement plus minéralisée que celle des Grès vosgiens, surtout dans les secteurs fracturés où les possibilités d'échanges entre les G.I.T. supérieurs et les eaux du Muschelkalk, très minéralisées et très dures, sont plus grandes.

c) Des pompages d'essai réalisés lors de l'avancement d'un forage, montrent que les débits fournis augmentent avec l'épaisseur captée, mais d'une manière souvent très irrégulière.

Ainsi au forage de Nancy - thermal n° 3, le débit fourni par tranches de 10 m. varie de 1 à 17. Au nouveau forage de Tomblaine, 90 % du débit proviennent des 60 premiers mètres captés, les 50 m. suivant ne fournissant qu'un apport de 10 % du débit total.

Au forage Unicolait de Sarrebourg, la transmissivité mesurée a régulièrement augmenté avec l'épaisseur captée (Grès vosgiens) :

Epaisseur captée	Ec =	80	130	155	(m)
Transmissivité	T =	2,1	2,6	3,3	(10^{-4} m^2/s)
Rapport $\frac{T}{E}$	=	2,9	2,0	2,1	(10^{-6} m/s)
Niveau d'eau avant pompage	=	7,08	7,61	4,90	(m/bord du tubage)

Au forage Steinbach (Sarreguemines) l'évolution du débit artésien en fonction de la profondeur de l'ouvrage, a été la suivante :

./.

Profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Niveau capté	Epaisseur captée
265	0,9	Couches intermédiaires	2 m
267 à 275	5,2	id. (base)	4 à 12 m
285	15,6	Passage du Conglomérat	22 m
329	21,7	Grès vosgien	66 m

En conclusion, il apparaît que le plus souvent, les 50 à 100 premiers mètres de Grès vosgien situés directement sous le Conglomérat sont plus perméables que les strates inférieures, avec de fortes venues d'eau juste sous le Conglomérat. Néanmoins, les Grès vosgiens inférieurs, bien que moins perméables, n'en sont pas moins aquifères et participent de l'ensemble de la nappe des G.I.T.

Les Grès bigarrés supérieurs (Grès à Voltzia + Couches intermédiaires) sont très rarement exploités seuls et une estimation de leur perméabilité est de ce fait difficile.

2.6.4 Calcul de la perméabilité et de la transmissivité moyenne des G.I.T.

Pour effectuer des calculs hydrodynamiques sur la nappe des G.I.T. (évolution de la piézométrie en fonction de l'exploitation de la nappe), il est nécessaire d'effectuer une extrapolation de la transmissivité mesurée sur un forage incomplet à une transmissivité valable pour l'ensemble de l'aquifère (sur toute son épaisseur).

La solution la plus simple consiste en une extrapolation linéaire :

$$T \text{ aquifère} = \frac{T \text{ mesurée} \times \text{Epaisseur de l'aquifère}}{\text{Epaisseur captée}} = KH$$

./.

avec

$$K = \frac{T \text{ mesurée}}{\text{Epaisseur captée}} \quad \text{(données du forage)}$$

H = Epaisseur de l'aquifère (estimée au droit du forage).

Ce calcul est rigoureux dans le cas où les lignes de courant au niveau du forage pompé sont pratiquement horizontales, la partie inférieure de l'aquifère (non captée) ne participant pas à l'exploitation. En réalité, une partie de l'aquifère non capté y participe et ce calcul donne des valeurs légèrement optimistes de la perméabilité et de la transmissivité de l'aquifère.

A ceci vient s'ajouter le fait que la partie testée de l'aquifère correspond à la strate qui semble la plus perméable : supposer que l'ensemble des G.I.T. à une perméabilité homogène égale à celle de cette strate perméable donne là encore des valeurs optimistes.

Par ailleurs, on a limité l'épaisseur de l'aquifère à la formation des G.I.T. Il a déjà été montré l'incertitude qui règne concernant le mur de cet aquifère : il est constitué, sur de grandes étendues, par les Grès permiens dont l'épaisseur et la perméabilité sont très variables; de ce fait, même si sa perméabilité est plus faible que celle des G.I.T., sa grande épaisseur peut lui conférer une transmissivité du même ordre de grandeur que celle des G.I.T. La distribution de cette transmissivité des Grès permiens nous est totalement inconnue.

Le calcul proposé de la transmissivité des G.I.T. peut être appliqué en nappe captive profonde, où l'épaisseur de l'aquifère est constante, les rabattements du niveau piézométrique de la nappe ne pouvant atteindre le toit de l'aquifère qui reste constamment noyé. Par contre, en nappe libre, l'épaisseur de l'aquifère est fonction de ces rabattements et l'on doit calculer la transmissivité en multipliant la perméabilité moyenne des G.I.T. par une hauteur d'eau variable dans le temps.

./.

2.6.5 Distribution des valeurs de la perméabilité

Ainsi calculées, les valeurs de la perméabilité des G.I.T. se distribuent de la façon suivante (cf. tableau annexe n° 2.2) :

a) Dans les zones en affleurement des G.I.T., la perméabilité est de l'ordre de 1 à 5.10^{-5} m/s. Les fortes valeurs se rencontrent en Sarre (St. Avold, Forbach) et dans les Vosges du Nord (Pays de Bitche). Dans les Vosges gréseuses du Sud, la perméabilité est de l'ordre de 1 à 2.10^{-5} m/s.

b) Dans les zones sous couverture , les G.I.T. présentent une perméabilité faible, de l'ordre de 0,5 à 1.10^{-5} m/s dans le secteur de Sarreguemines, en bordure des Vosges (sauf au voisinage de la zone faillée de la Meurthe) et, semble-t-il dans la moitié Ouest et Nord du réservoir; néanmoins dans ce secteur, la rareté des données ne permet pas de l'affirmer. Dans le secteur de Nancy - Lunéville - Château-Salins, la perméabilité est plus forte : 1 à 5.10^{-5} m/s (semblable à celle calculée en affleurement), les valeurs fortes 3 à 5.10^{-5} m/s étant localisées le long de la faille de la Meurthe (Baccarat - Lunéville) jusqu'à Nancy, les valeurs obtenues vers Château-Salins et vers La Sarre (Faulquemont) étant de l'ordre de 1 à 2.10^{-5} m/s.

Ces variations latérales de la perméabilité moyenne des G.I.T. peuvent s'expliquer de la manière suivante :

a) Facteur sédimentaire : il se peut que dans certains secteurs, les G.I.T. soient plus cimentés que dans d'autres; de fait, dans le secteur de Nancy, par exemple, les forages sont crépinés pour éviter les entraînements de sable et les éboulements, alors que dans le secteur de Château-Salins - Dieuze les parois nues de grès ont une excellente tenue.

./.

b) Facteur tectonique : les zones faillées sont le siège de circulations d'eau plus rapide, augmentant ainsi la perméabilité de l'ensemble des G.I.T.; le secteur de la Sarre, ceux de la faille de la Meurthe et de la faille de Nancy sont plus faillés que le secteur de Sarrebourg - Sarreguemines, qui ne présente que très peu de failles.

c) Un autre facteur sédimentaire consiste en l'amenuisement puis la disparition du faciès Grès vosgiens vers l'Ouest et le Sud. Ainsi, les forages de Vittel-Contrexeville captent souvent une plus grande épaisseur de Grès bigarrés supérieurs que de Grès vosgien, bien qu'ils captent l'ensemble des G.I.T.. Les Grès bigarrés supérieurs et le Conglomérat principal étant souvent moins perméables que les Grès vosgiens supérieurs, il s'en suit une diminution de perméabilité de l'ensemble. Par exemple, au forage de Contrexeville F2 on trouve 47 m de Grès bigarrés supérieurs et 21 m de Grès vosgiens supérieurs dont 15 m de Conglomérat principal, très cimenté.

2.6.6 Distribution des valeurs de la transmissivité

Si l'on calcule des transmissivité moyennes des G.I.T. à partir de ces valeurs de perméabilité, en multipliant celle-ci par l'épaisseur de l'aquifère, on obtient les valeurs suivantes :

Secteur	Epaisseur des G.I.T. (m)	Transmissivité (10^{-3} m^2/s)
- Pays de Bitche	500	10 à 20
- Sarre (St.Avold-Forbach)	100 à 250	2 à 10
- Vosges gréseuses du Sud	50 à 200	0,5 à 4
- Sarreguemines	450	2 à 5
- Baccarat-Lunéville-Nancy	300 à 400	5 à 10
- Vittel-Contrexeville	50 à 100	0,5 à 2

./.

A part certains secteurs où la perméabilité est élevée et l'épaisseur importante (Bitche), ou bien où la perméabilité et l'épaisseur sont faibles (Vosges du Sud - Vittel), la transmissivité se situe entre 1 et 10.10^{-3} m^2/s et le plus souvent entre 2 et 5.10^{-3} m^2/s.

Vers l'Ouest, la transmissivité doit diminuer régulièrement avec l'épaisseur des G.I.T.

Remarque : La comparaison, le long des Vosges et en particulier dans le secteur de Sarrebourg, du débit transité dans la nappe à la mise sous couverture et au centre du synclinal de Sarreguemines amène les observations suivantes :

- Le débit unitaire est égal au produit de la transmissivité par le gradient ($Q = T\,i$).

- Les transmissivités sont du même ordre de grandeur.

- Le gradient à la mise sous couverture est 5 à 10 fois plus élevé que dans les secteurs éloignés des affleurements (cf. § 2.4.3). De ce fait, le produit de la transmissivité par le gradient diminue notablement vers l'aval.

Une hypothèse peut être avancée : en affleurement, l'alimentation de la nappe se fait par la pluviométrie et de ce fait, les surfaces isopièzes ont tendance à être obliques, composant l'écoulement sub-horizontal de la nappe vers l'aval et l'apport vertical de la pluviométrie. Loin des affleurements, ces surfaces isopièzes sont pratiquement verticales, le seul écoulement de la nappe intervenant.

./.

On peut alors se demander si ce redressement des courbes isopièzes ne se fait pas encore sous couverture en bordure des affleurements. Dans ce cas, des mesures piézométriques faites dans des forages ne captant que la partie supérieure de l'aquifère (cas le plus fréquent) indiqueraient des pressions supérieures à celles mesurées dans des forages ne captant que la partie inférieure des grès : on obtient alors une augmentation apparente du gradient dans ce secteur de transition.

De plus, les lignes de courant sont situées obliquement par rapport à la stratigraphie générale des grès : la perméabilité verticale étant bien plus faible que la perméabilité horizontale, on doit alors prendre en compte pour ces lignes de courant une perméabilité moyenne plus faible que celle que l'on peut mesurer dans un forage (qui est le plus souvent celle horizontale). Ce facteur contribue sans doute aussi à augmenter le gradient de la nappe en bordure des affleurements.

2.6.7 Le coefficient d'emmagasinement

Le coefficient d'emmagasinement S est l'équivalent de la compressibilité des terrains en nappe captive et de leur porosité efficace en nappe libre.

S est de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-6} en nappe captive, et de 10^{-3} à 10^{-1} en nappe libre. Les mesures effectuées dans le secteur des H.B.L., en Sarre, donnent pour les G.I.T. une valeur moyenne de 0,5 à 1.10^{-2} en nappe libre. Les mesures effectuées sur les forages de Tomblaine et ceux de Mondorf donnent une valeur de l'ordre de 0,5 à 1.10^{-4} en nappe captive.

Les valeurs de S en nappe libre sont faibles, compte tenu du fait que la porosité vraie des G.I.T. est de l'ordre de 2.10^{-2} . On peut expliquer ce phénomène de la manière suivante :

./.

- Les grès sont assez cimentés et les pores peuvent ainsi être assez isolés les uns des autres; de plus, compte tenu de la faible granulométrie des G.I.T., le volume d'eau gravifique est faible, une partie notable de l'eau restant adsorbée aux grains.

- Par ailleurs, la stratification des grès et l'alternance de zones diaclasées ou moins cimentées et de bancs compacts favorisent un écoulement préférentiel horizontal; de fait, on obtient des forages artésiens en affleurement des G.I.T. si on les capte à une certaine profondeur : la nappe y est donc légèrement en charge, ce qui explique en partie des valeurs de S mesurées en affleurement, intermédiaires entre les valeurs normales en nappe libre (1 à 10.10^{-2}) et celles en nappe captive.

2.7 Minéralisation de l'eau de la nappe des G.I.T.

2.7.1 Distribution d'ensemble de la minéralisation - Résidu sec (cf. annexe 6)

La minéralisation de l'eau de la nappe aquifère des G.I.T. varie beaucoup depuis les affleurements en s'enfonçant sous couverture.

En affleurement, l'eau de la nappe est très peu minéralisée : son résidu sec est de 50 à 100 mg/l dans les Vosges gréseuses et de 200 à 400 mg/l en Sarre.

Sous couverture, la minéralisation augmente à mesure que l'on s'éloigne des affleurements et que l'on s'enfonce en profondeur. La courbe d'égale valeur du résidu sec de 1 g/l est orientée à peu près Nord-Sud : elle passe à l'Est de Sierck-les-Bains, entre Metz et Boulay, par Nancy, et au Nord-Ouest de Vittel-Contrexeville. Elle sépare le domaine de l'eau

./.

exploitable à l'Est et le domaine de l'eau trop salée pour être exploitée à l'Ouest : à Toul on a 10 g/l, 30 g/l vers Commercy, 200 g/l vers Bar-le-Duc et 300 g/l vers St. Dizier; et au Nord-Ouest : 5 g/l à Metz, 23 g/l à Boischaté, 26 g/l à Audun-le-Roman.

Au Luxembourg, la courbe de 1 g/l de résidu sec suit sous couverture la ligne des affleurements, le long des Ardennes, puis le long du Hunsrück : à Wormelange, un forage a donné 0,7 mg/l et l'eau de Mondorf est à 15,5 g/l.

2.7.2 Origine et nature de la minéralisation

Dans la plupart des cas, la minéralisation est due essentiellement à la présence de chlorure de sodium. Mais dans des secteurs particuliers, elle est due au sulfate de calcium.

Cette minéralisation provient sans doute de deux phénomènes distincts :

- Une minéralisation de l'eau originelle (syn- et/ou post-sédimentaire) étendue à l'ensemble du réservoir.

- Une minéralisation locale dans les zones faillées permettant des infiltrations des eaux salées du Muschelkalk et du Keuper (et peut être aussi des remontées d'eaux salées venant du Permien, dans l'aquifère des G.I.T.).

2.7.2.1 Minéralisation originelle

Si on suppose une minéralisation originelle de l'eau contenue dans les G.I.T., celle-ci a pu être remplacée peu à peu par l'eau douce provenant des affleurements dès que ceux-ci se sont constitués.

./.

La vitesse d'évacuation de cette eau salée a dû être fonction de la distance à parcourir par l'eau pour parvenir à un exutoire naturel de la nappe.

Ce trajet sous couverture est de l'ordre de 30 km sur la ligne de courant passant au niveau de Sarreguemines, de 70 km au niveau de Château-Salins, passe à 150 km au niveau de Metz et à 300 km au niveau de St. Dizier, où de plus le gradient de la nappe et donc la vitesse de l'eau, est plus faible.

De fait, toute la partie Ouest du réservoir apparaît comme un "coin salé" de la nappe des G.I.T.. Par ailleurs, les conditions thermodynamiques régnant sous une forte épaisseur de couverture, comme c'est le cas dans toute la partie Ouest du réservoir, favorisent la dissolution de nombreux sels, tels que carbonates, chlorures, sulfates, augmentant ainsi la minéralisation de l'eau. Les pressions pouvant exister dans les G.I.T. au niveau de Metz par exemple sont de l'ordre de 50 à 55 kg, et les températures de l'ordre de 28 à 30 °C. Au niveau de Bar-le-Duc, les pressions passent à 170 - 180 kg, et les températures à 68 - 70 °C.

Les figures 6.a. et 6.b. montrent l'évolution de la chimie des eaux de la nappe des G.I.T. en fonction de la distance aux affleurements : on note une nette augmentation des teneurs en Cl Na, mais aussi en sulfates. Les eaux passent du type bicarbonaté-calcique et magnésien, au type chloruré-sodique.

La figure 6.c. montre une évolution différente dans le secteur de Bitche - Sarreguemines, où les teneurs en HCO_3^-, SO_4^{--}, Ca^{++} et Mg^{++} augmentent régulièrement, alors que celles en Cl^- et $Na^+ + K^+$ restent faibles ou même diminuent.

2.7.2.2 Minéralisation des zones faillées

Dans tous les secteurs où la couverture triasique contient des niveaux salés, et où les failles peuvent permettre

./.

des circulations d'eau entre l'aquifère des G.I.T. et ces niveaux salés, on observe des variations brusques de la minéralisation de l'eau des G.I.T.. A Nancy, les forages à l'Ouest de la faille de la Meurthe ont un résidu sec de l'ordre de 1 à 5 g/l, tandis que ceux situés à l'Est ont un résidu sec de 0,8 - 0,9 g/l, les forages étant situés de part et d'autre à 1 ou 2 km de la faille.

Sur l'anticlinal lorrain, au niveau de Pont-à-Mousson, tous les forages charbons ont rencontré de l'eau salée dans les G.I.T. (5 à 10 g/l de résidu sec).

Dans tous ces secteurs, la minéralisation est essentiellement due au chlorure de sodium : on peut se demander si la présence de ces grandes failles n'a pas contribué, en jouant un rôle d'écran, à maintenir les secteurs originellement salés à l'écart du lessivage. De fait, on peut constater que l'eau conserve un résidu sec inférieur à 1 g/l dans tout le secteur compris entre les Vosges et la Sarre, soit le synclinal de Sarreguemines au sens large, qui est peu faillé. La limite à 1 g/l, au delà de laquelle le résidu sec croît très rapidement, correspond à la première zone faillée que rencontre les eaux peu minéralisées en provenance des affleurements.

2.7.2.3 Cas de la nappe des G.I.T. au Luxembourg

Par ailleurs, au Luxembourg par exemple, les G.I.T semblent contenir actuellement du gypse et de la dolomie sur toute leur épaisseur. Dans ce secteur, la distance affleurement - exutoire est de l'ordre de 30 km, mais la zone d'alimentation (affleurement) est beaucoup plus restreinte que dans les Vosges ou la Sarre, réduisant d'autant les apports d'eau douce. De plus, la circulation de l'eau est très réduite, car ce secteur est très faillé surtout aux abords du Hunsrück, diminuant localement la section de l'aquifère des G.I.T., sinon l'annulant : on a alors contact direct de l'aquifère des G.I.T. avec les niveaux aquifères salés du Muschelkalk.

./.

Tous ces facteurs font que l'eau des G.I.T. sous couverture au Luxembourg est et reste salée.

2.7.2.4 Secteur de Vittel - Contrexeville

Dans ce secteur, la couverture triasique au-dessus des G.I.T. ne contient pratiquement pas de sel, mais, comme au Luxembourg, les G.I.T. eux-mêmes contiennent du gypse, donnant ainsi une eau sulfatée. Néanmoins, le lessivage intensif de l'aquifère par l'exploitation qui y est pratiquée, provoque une baisse lente du taux des sulfates : le résidu sec est de 0,3 à 0,5 g/l, et les teneurs en sulfates de 50 à 200 mg/l alors que celles en chlorures sont de 5 à 20 mg/l.

La minéralisation augmente rapidement vers l'Ouest le forage de Damblain, situé à peine 15 km de la limite d'affleurement des G.I.T., a déjà un résidu sec de 2,5 g/l dont 16 mg/l de chlorure, 1.405 mg/l de sulfates et 587 mg/l de calcium; de même le forage de Chezeaux situé à 20 km des affleurements extrêmes du Sud-Ouest des G.I.T., a une teneur en sulfates de 2,35 g/l, de 541 mg/l de calcium, de 470 mg/l de chlorures, de 560 mg/l de sodium et de 106 mg/l de magnésium.

La minéralisation est donc essentiellement due au lessivage du gypse, des cristaux de dolomie présents aussi bien dans les terrains sus-jacents aux G.I.T. que dans les G.I.T. eux-mêmes.

De plus la présence de pyrite dans les Grès bigarrés supérieurs (Couches intermédiaires essentiellement) augmente les teneurs en sulfates et en fer.

La figure 6.d. montre l'évolution de la chimie des eaux de la nappe des G.I.T. en fonction de l'éloignement aux affleurements et donc de l'enfouissement sous couverture.

./.

2.7.3 Le fer dans les eaux des G.I.T.

2.7.3.1 Le fer dans les G.I.T.

Le ciment des G.I.T. est parfois ferrugineux, mais la distribution du fer est très hétérogène; néanmoins les teneurs sont suffisamment élevées pour que par le passé on ait exploité des mines de limonite ou d'oligiste dans le Grès vosgien (de plomb et de cuivre dans les Grès bigarrés supérieurs) en particulier en Sarre (Creutzwald - Dalem - St. Avold).

Les Grès bigarrés supérieurs contiennent de petits lits de pyrites.

L'analyse chimique des échantillons de grès donne en % en poids pour le Fe_2O_3, de l'ordre de :

0,9 à 1,7	Grès permien suivant la coloration	
1,5	Grès d'Annweiler	
3,3	Conglomérat Eck (base des Grès vosgiens)	
0,2 à 0,6	Grès vosgien suivant la coloration	
0,7	Conglomérat principal	
1	Couches intermédiaires inférieures	
0,3	Couches intermédiaires supérieures	
1,3	Grès à Meules	Grès à Voltzia
1,5	Grès argileux continental	Grès à Voltzia
3,1	Grès argileux marin	Grès à Voltzia
2,6	Grès coquillier.	

La teneur en Fe_2O_3 augmente depuis le Grès vosgien jusqu'au Grès à Voltzia, où elle est 10 à 15 fois plus forte. De fait, on a observé souvent une diminution de la teneur en fer pour une fermeture partielle ou totale des Grès bigarrés supérieurs, la partie captée étant surtout dans le Grès vosgien.

./.

2.7.3.2 Oxydation des tubages

Des observations par télévision dans des forages ont montré que les tubages, au bout d'un certain nombre d'années (30 à 50 ans), sont fortement corrodés et ont parfois complètement disparu. Tout ce fer est parti dans l'eau exhaurée, dissout ou en suspension.

Pour le forage de Nancy Thermal, dont l'ensemble du tubage représente 40 t, 25 ans d'exploitation à 80 m^3/h avec des teneurs de 1,5 mg/l de Fe^{++} correspondent à 25 t de fer.

On explique ainsi l'apparition de fer dissous dans l'eau d'un forage au bout d'un certain temps d'exploitation, alors qu'au départ l'aquifère lui-même n'en contenait pas.

2.7.3.3 Valeurs observées dans les forages

Ces valeurs de la teneur en Fe^{++} sont données à titre indicatif, compte tenu des observations qui viennent d'être faites : certaines fortes teneurs ne sont pas imputables à l'aquifère mais à l'oxydation des tubages.

Sur toute la bordure des affleurements et en affleurement même des Vosges (secteur de Sarreguemines - Bitche - Sarrebourg - Baccarat), les teneurs sont de l'ordre de 0,05 à 0,1 mg/l de Fe^{++}, à de rares exceptions près.

Dans le synclinal de Sarreguemines (secteur de Dieuze - Château-Salins) les teneurs sont de 0,2 à 0,4 mg/l Fe^{++}, elles passent à 0,5 - 1,5 et 0,5 - 3 mg/l Fe^{++} à Nancy, respectivement à l'Est et à l'Ouest de la faille de la Meurthe et à 0,2 - 1,5 vers Lunéville.

A Vittel - Contrexeville, ces teneurs sont de 0,2 à 0,7 mg/l Fe^{++}.

./.

Dans le secteur des H.B.L. (Sarre), les teneurs en fer sont très variables dans le temps et l'espace du fait :

. de la présence locale du fer dans les G.I.T., lessivé au cours du temps,

. de l'oxydation des tubages,

. d'un certain nombre de sources de pollutions, accidentelles ou continues.

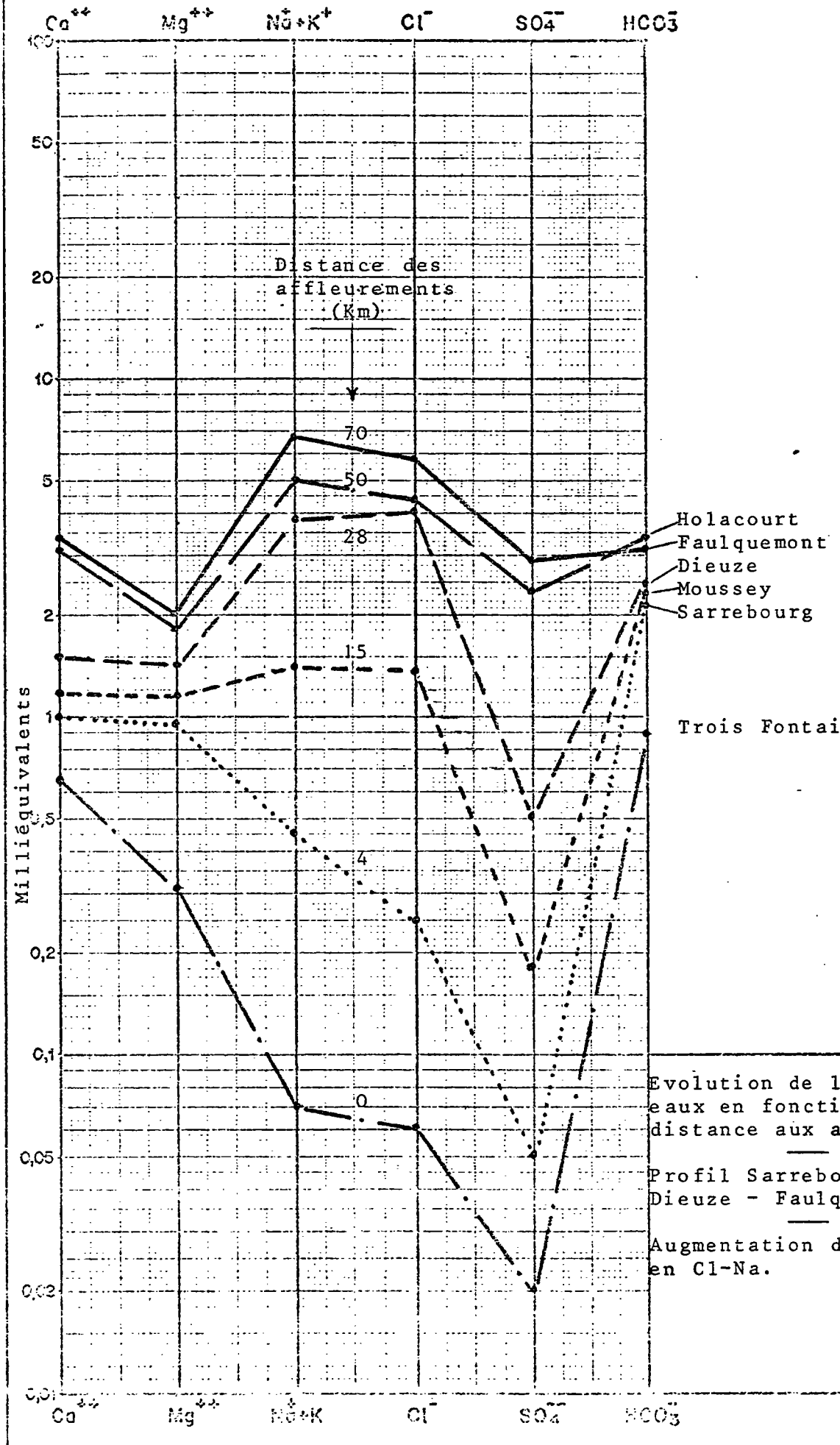
On a ainsi observé dans des forages pollués par des sulfates, des teneurs de 1 à 10 mg/l Fe^{++} (cette pollution par sulfates est mise en évidence sur le graphique de la figure 6.e.). De deux forages très voisins, l'un donnait 0,05 et l'autre quelques mg/l de Fe^{++}, du fait de la présence de fer en quantité notable dans le Grès vosgien à cet endroit.

En bordure des H.B.L., sous couverture, les teneurs observées sont de 0,1 à 1 mg/l Fe^{++}, donc 10 fois plus élevées qu'en bordure des affleurements des Vosges.

./.

Fig. 6.a.

DIAGRAMMES DE SCHOELLER



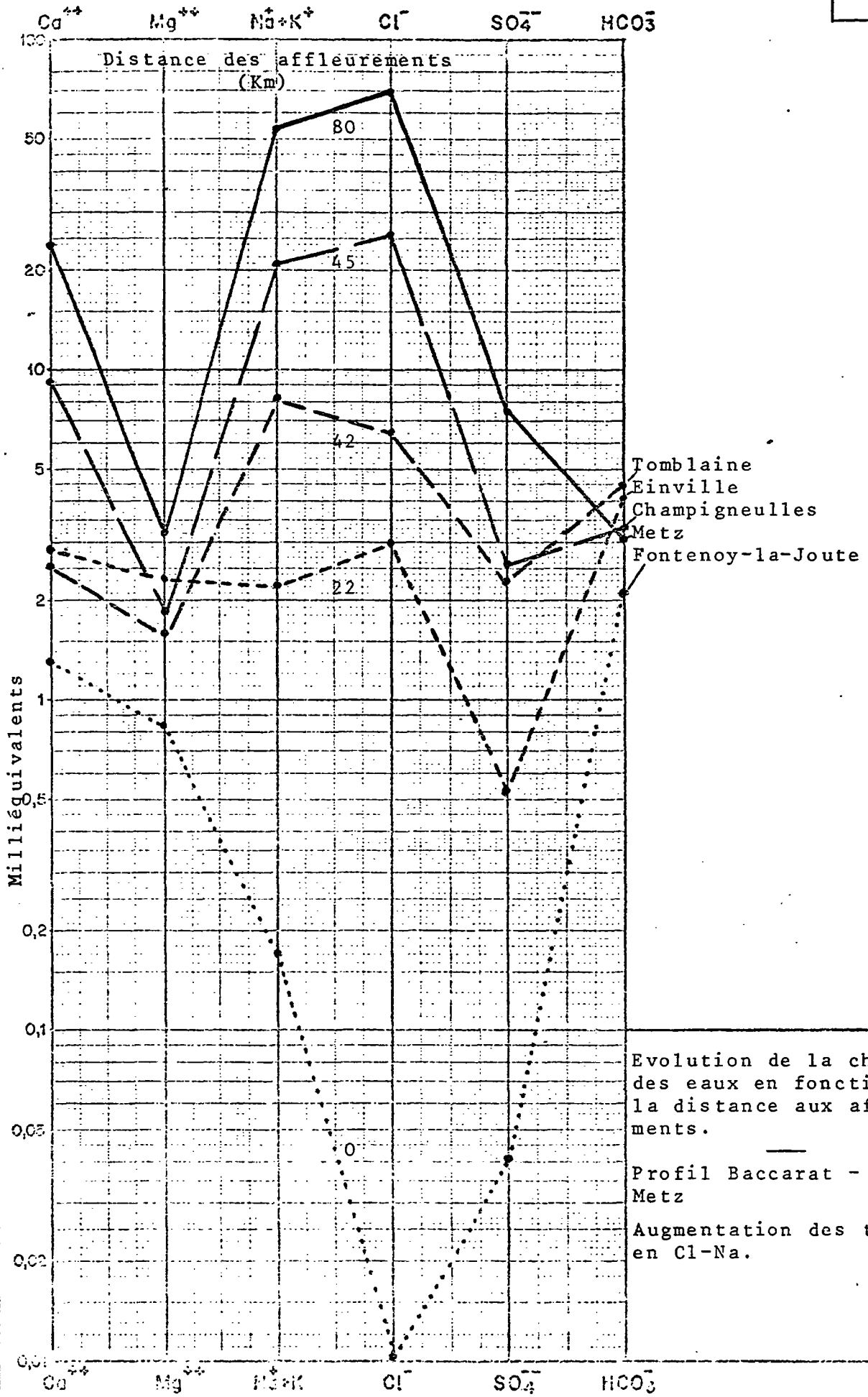
Evolution de la chimie des eaux en fonction de la distance aux affleurements

Profil Sarrebourg - Dieuze - Faulquemont

Augmentation des teneurs en Cl-Na.

DIAGRAMMES DE SCHOELLER

Fig. 6.b.



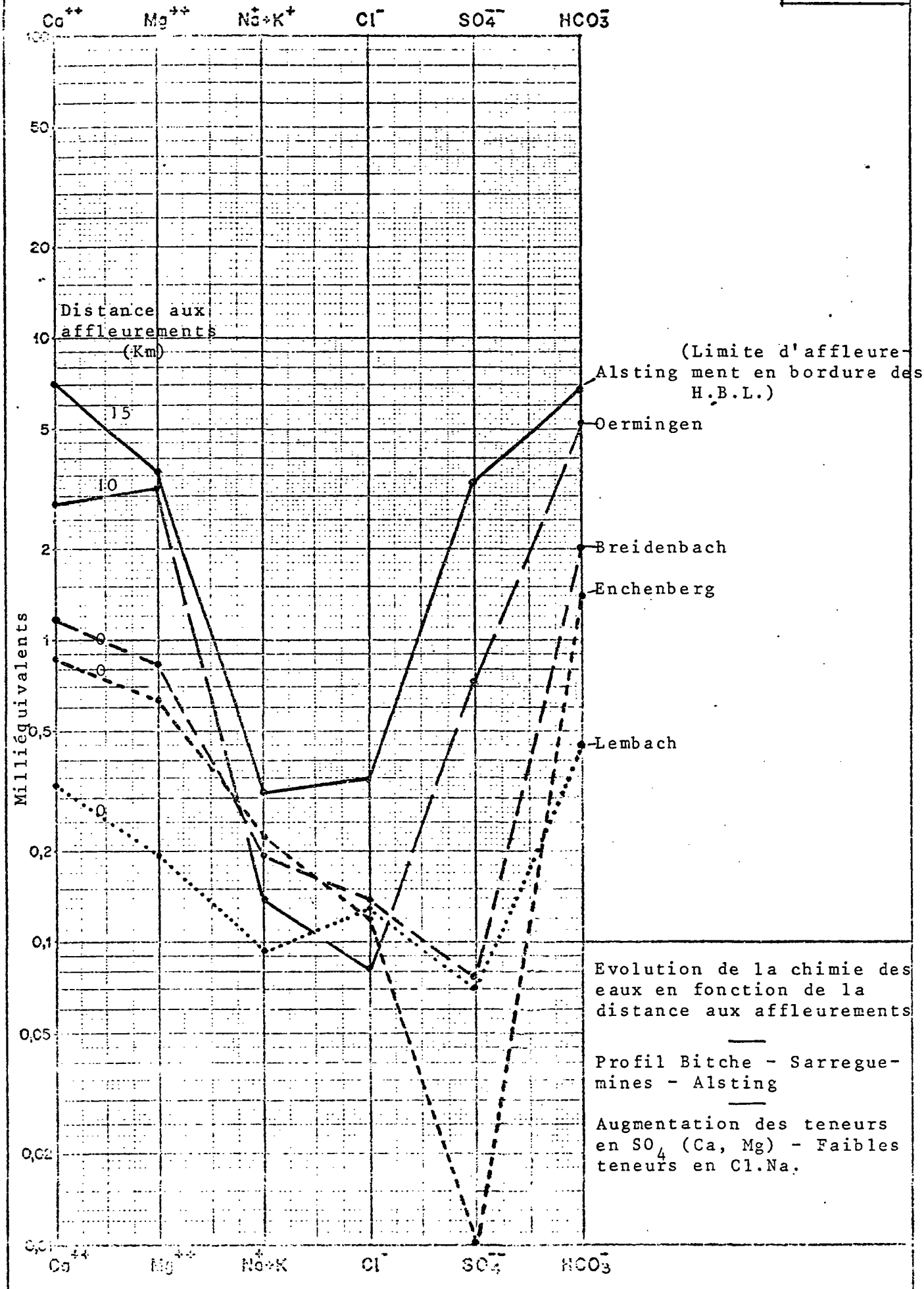
Evolution de la chimie des eaux en fonction de la distance aux affleurements.

Profil Baccarat - Nancy - Metz

Augmentation des teneurs en Cl-Na.

DIAGRAMMES DE SCHOELLER

Fig. 6.c



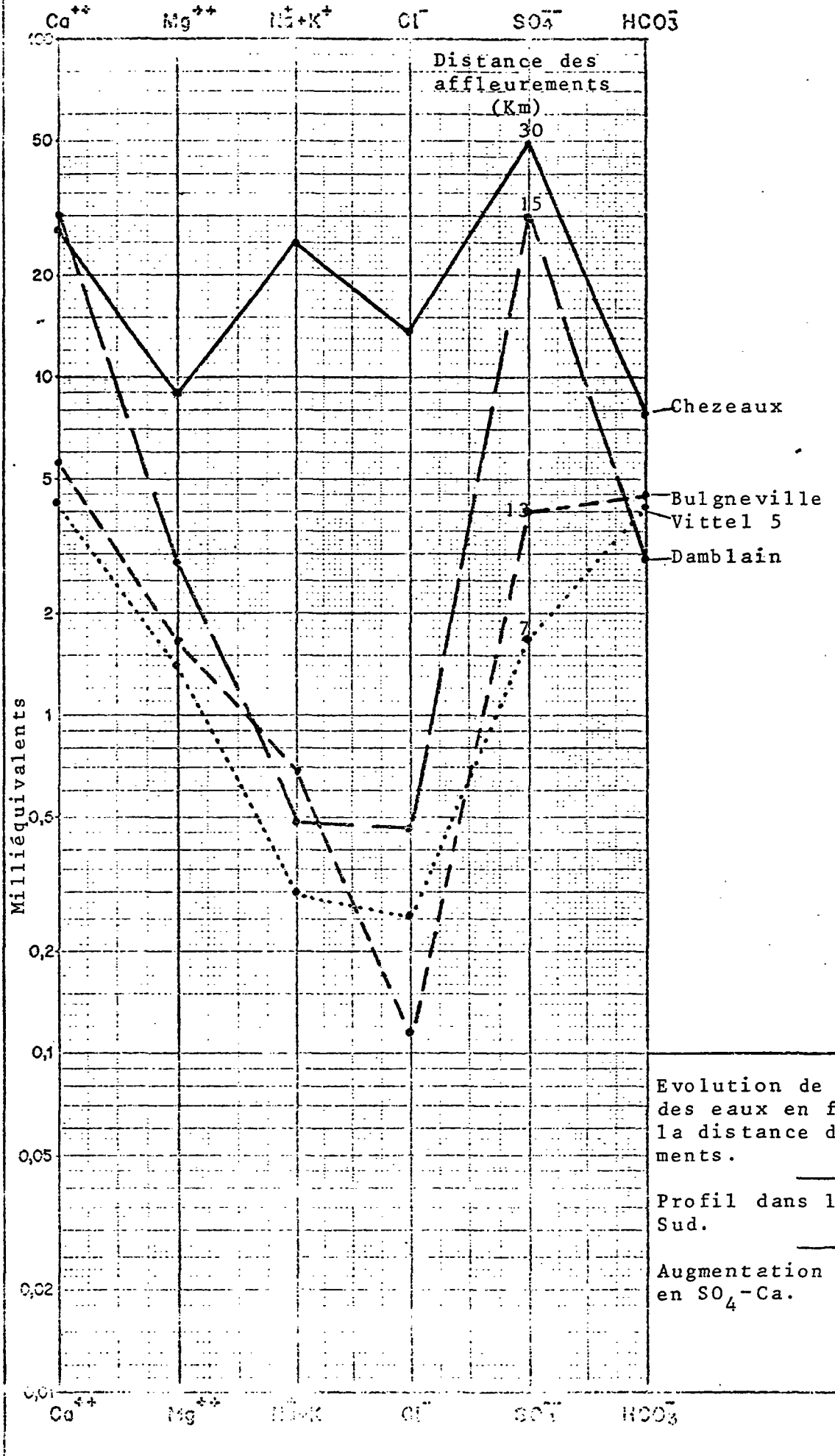
Evolution de la chimie des eaux en fonction de la distance aux affleurements

Profil Bitche - Sarreguemines - Alsting

Augmentation des teneurs en SO_4 (Ca, Mg) - Faibles teneurs en Cl.Na.

Fig. 6.d.

DIAGRAMMES DE SCHOELLER



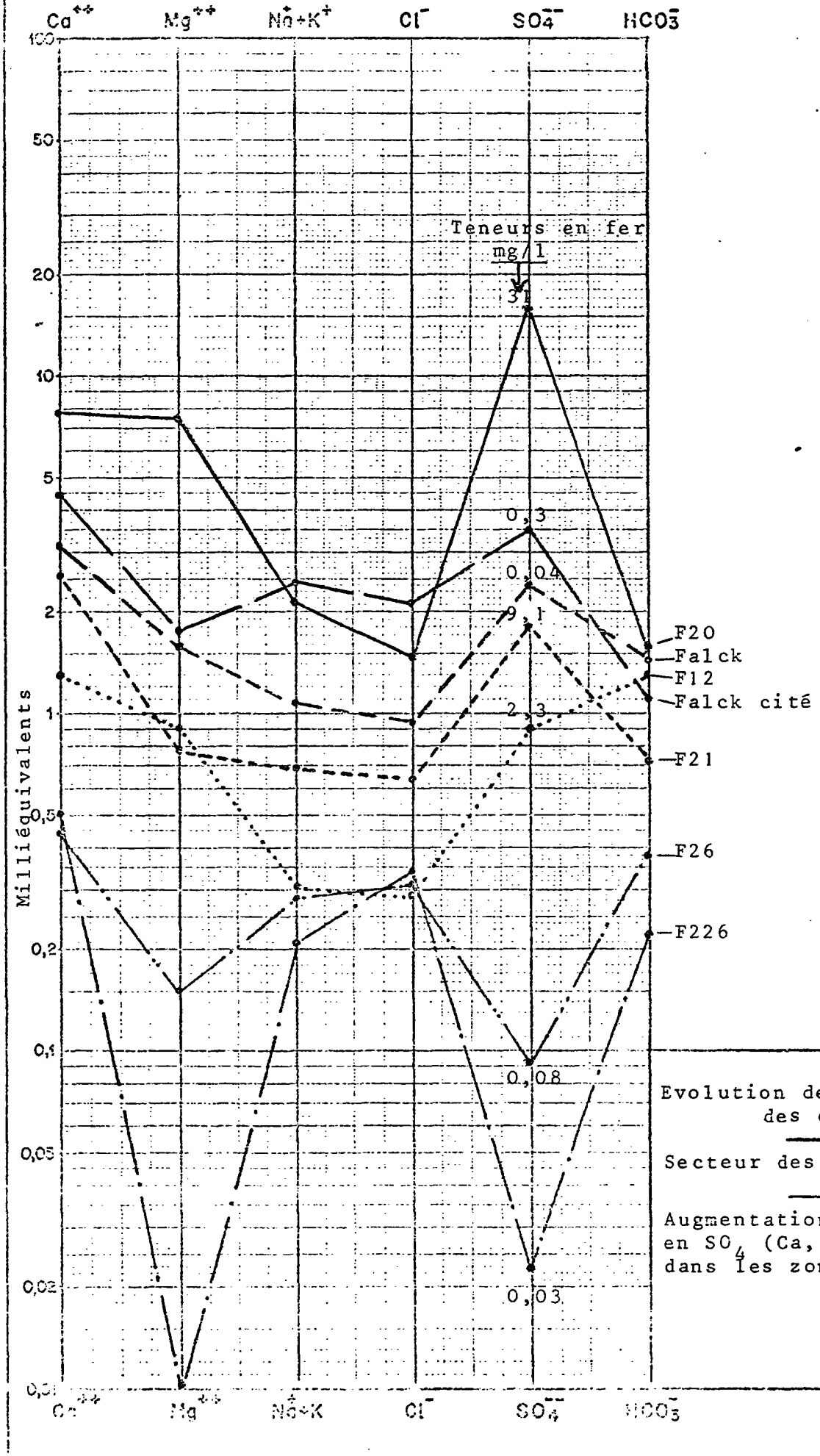
Evolution de la chimie des eaux en fonction de la distance des affleurements.

Profil dans les Vosges du Sud.

Augmentation des teneurs en SO_4-Ca.

Fig. 6.e.

DIAGRAMMES DE SCHOELLER



Evolution de la chimie des eaux

Secteur des H.B.L.

Augmentation des teneurs en SO_4 (Ca, Mg) et en fer dans les zones polluées.

S O M M A I R E

CHAPITRE 3

EXPLOITATION DE LA NAPPE DES G.I.T.

		p.
3.1	Historique	49
3.1.1	Forages d'eau	49
3.1.1.1	Début du siècle	49
3.1.1.2	Période 1930-1939	50
3.1.1.3	Période 1948-1960	50
3.1.1.4	Période 1961-1969	51
3.1.1.5	Forages en Allemagne	51
3.1.2	Exhaure des H.B.L.	52
3.1.2.1	Origine des venues d'eau dans la mine	52
3.1.2.2	Siège Simon - Wendel	53
3.1.2.3	Sièges Merlebach - Cuvelette et St. Fontaine	53
3.1.2.4	Siège de Faulquemont - Folschwiller	54
3.1.2.4	Siège La Houve	54
3.1.3	Forages charbon	54
3.2.	Evolution des débits pompés par les forages	55
3.2.1	Rendement moyen des forages	55
3.2.2	Rythme d'exploitation	57
3.2.3	Augmentation de l'exploitation par forage au cours du temps	57
3.2.4	Evaluation des débits pompés par secteur en 1969	58
3.2.5	Evaluation des débits pompés depuis 1900	59

p.

3.3 Essai de bilan 60

3.3.1 Eléments du bilan 60

3.3.2 Cadrage du bilan 61

3 - EXPLOITATION DE LA NAPPE DES G.I.T.

3.1. Historique (cf. fig. 7)

3.1.1 Forages d'eau

3.1.1.1 Début du siècle

Dans les zones d'affleurements, les sources des G.I.T. ont de tout temps été captées pour l'eau potable et l'eau industrielle (textile par ex.) du fait de la bonne qualité de l'eau (très pure bactériologiquement du fait de la présence des forêts sur ces affleurements, et très peu minéralisée et très douce, bien qu'agressive).

Quelques forages d'eau ont été réalisés en affleurement et sous couverture entre 1900 et 1930, mais très peu (une trentaine au total). On connaissait la présence de la nappe aquifère des G.I.T., reconnue sous épaisse couverture par les forages charbons (anticlinal lorrain, secteur de Pont-à-Mousson, sondage de Bois-Chaté dans la vallée du Conroy, sondage Brejchia à Dieuze, etc ...) et par les forages d'eau sous faible épaisseur de couverture.

Deux facteurs ont empêché un développement plus rapide des forages d'eau captant les G.I.T. sous couverture.

Les sondages charbons du secteur de Pont-à-Mousson avaient mis en évidence une nappe d'eau saumâtre dans les G.I.T. On ne connaissait pas la limite eau douce - eau salée de cet aquifère.

Les techniques de forages et leur prix ne permettaient pas une alimentation en eau potable à partir d'aquifères profonds, tel celui des G.I.T.

./.

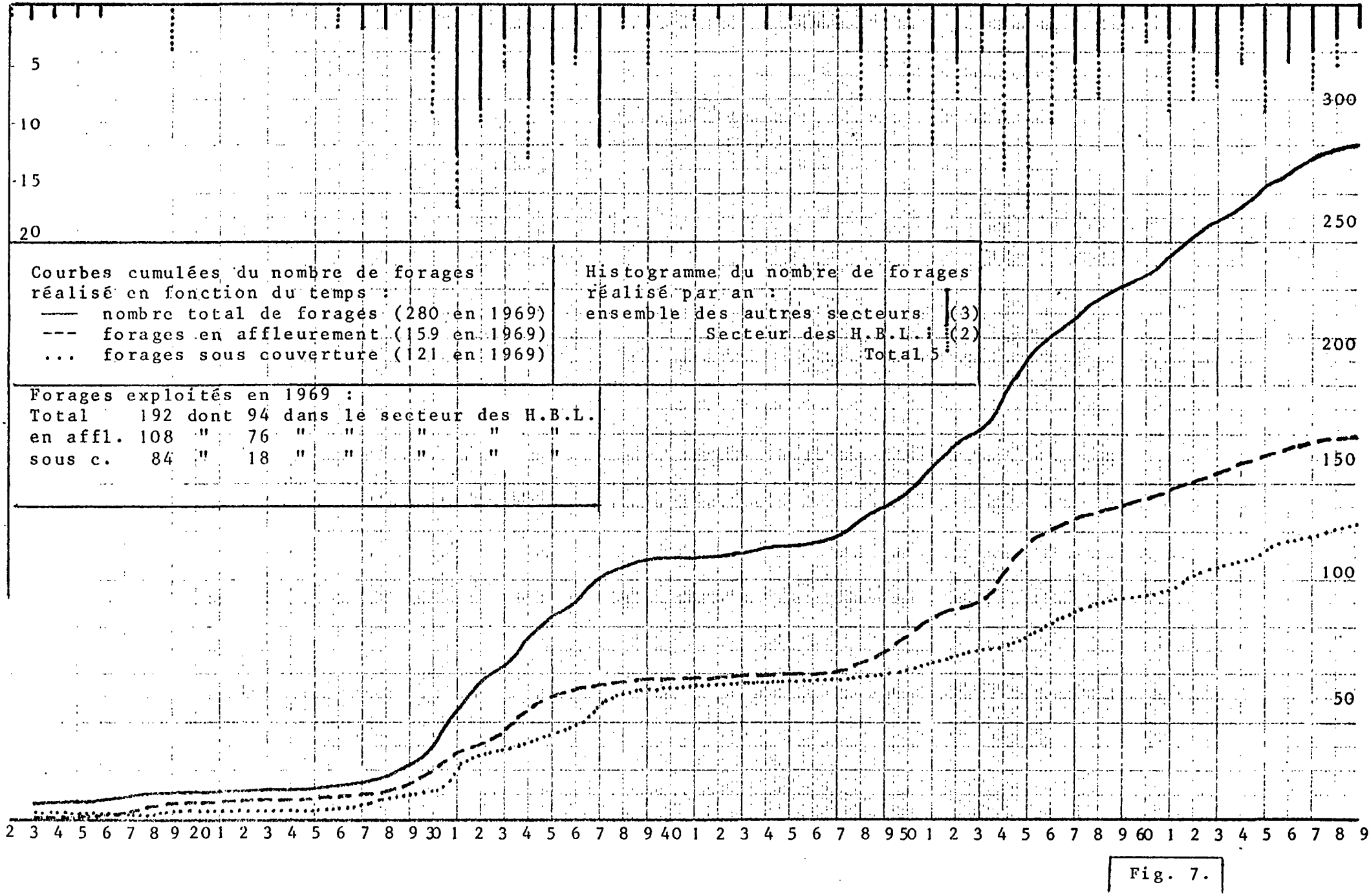

5
10
15
20
300
250
200
150
100
50
Courbes cumulées du nombre de forages réalisé en fonction du temps :
—— nombre total de forages (280 en 1969)
--- forages en affleurement (159 en 1969)
... forages sous couverture (121 en 1969)
Histogramme du nombre de forages réalisé par an :
ensemble des autres secteurs (3)
Secteur des H.B.L. (2)
Total 5
Forages exploités en 1969 :
Total 192 dont 94 dans le secteur des H.B.L.
en affl. 108 " 76 " " " " "
sous c. 84 " 18 " " " " "
2 3 4 5 6 7 8 9 20 1 2 3 4 5 6 7 8 9 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 40 1 2 3 4 5 6 7 8 9 50 1 2 3 4 5 6 7 8 9 60 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Fig. 7.

Il y avait très peu d'industries grosses consommatrices d'eau, en dehors du secteur des H.B.L. et du secteur des Mines de Fer de Lorraine qui utilisaient les exhaures des Mines.

3.1.1.2 Période 1930 - 1939

A partir de 1930 et sous l'instigation de Monsieur GUILLAUME, Géologue, une campagne de forages captant des G.I.T. sous couverture a été engagée, en grande partie pour alimenter en eau potable la ligne Maginot (secteur de Sarreguemines - Achen-Bitche). Ces forages montrèrent que dans ce secteur, et le long des affleurements des Vosges, l'eau de la nappe aquifère des G.I.T. n'était pas salée à condition d'effectuer des forages d'une étanchéité parfaite au droit des formations salifères du Muschelkalk et du Keuper.

Sur cette période 1930 - 1939, environ 80 forages furent réalisés dont une quarantaine est encore actuellement exploitée, soit 50 %. De ces 80 forages (dont 26 pour le secteur des H.B.L.), 38 captent les grès en affleurement et 42 sous couverture.

Par la suite très peu de forages ont été réalisés (période de guerre et d'après guerre).

3.1.1.3 Période 1948 - 1960

Ces forages ont été repris en 1948, pour une grande part dans le secteur des H.B.L. (en affleurement) pour alimenter en eau industrielle les usines qui s'implantaient autour des Houillères (surtout lors de la période 1954 - 1956 où une trentaine de forages ont été réalisés.

./.

Au cours des années 1954 - 1958, la première campagne de 6 forages aux G.I.T. a été réalisée dans le secteur de Vittel - Contrexeville (sous couverture).

Sur 108 forages (dont 71 pour les H.B.L.) réalisés lors de cette période, 73 sont situés en affleurement et 35 sous couverture; 90 sont actuellement exploités, soit 83 %.

3.1.1.4 Période 1961 - 1969

Au cours de cette dernière période, 57 forages (dont 23 pour le secteur des H.B.L.) ont été réalisés, 26 sont situés en affleurement et 29 sous couverture; sur ces 57 forages, 42 sont actuellement exploités, soit 74 %.

Ces forages correspondent aux zones en affleurement des H.B.L., du pays de Bitche et de la bordure des Ardennes au Luxembourg; aux zones sous couverture de Vittel - Contrexeville (7 forages de la 2e campagne 1961 - 1966), de Dieuze - Château Salins et de Nancy.

3.1.1.5 Forages en Allemagne

Il n'a pas été possible d'intégrer à cet historique les forages d'eau allemands captant les G.I.T., faute de documentation précise. Néanmoins, en 1968 - 1969, le nombre des forages de la Sarre en Allemagne était d'environ 60 pour le secteur au Sud-Ouest de Völklingen (au Nord des H.B.L.) limité au Nord par la vallée de la Bisten incluse), et de 180 pour le secteur Sarrebrücken - Neunkirchen - Homburg - Blieskastel, compris entre Sarrebrücken au Sud-Ouest et la vallée du Glan au Nord-Est, limité par la vallée de la Blies au Sud-Est et la limite d'affleurement des G.I.T. au Nord-Ouest. Tous ces forages sont situés en affleurement.

./.

3.1.2 Exhaure des H.B.L.

3.1.2.1 Origine des venues d'eau dans la mine

L'exploitation du charbon en Sarre s'effectue par un réseau de galerie dans les terrains houillers situés en-dessous des G.I.T. et du Permien. La grande fracturation naturelle des terrains (anticlinal Sarro-lorrain) et les dégâts miniers, résultant du foudroyage des galeries abandonnées, ont favorisé de fortes venues d'eau dans ces galeries. Cette eau provient de l'aquifère des G.I.T. sus-jacents dont le mur se situe aux cotes - 200 à - 100 m au siège de Faulquemont, 0 à 150 m au siège de Merlebach - St. Fontaine, 0 à 220 m au siège Simon - Wendel. Les cotes des niveaux houillers exploités s'étalent entre 0 et - 800 m.

La pression de l'eau dans les galeries augmente avec leur profondeur et de ce fait, le débit des venues d'eau peut être très important et atteindre 70 l/s. Néanmoins, ces débits sont le plus souvent de l'ordre de quelques litres par seconde.

Cette eau d'exhaure est utilisée pour l'alimentation en eau potable et industrielle. Mais, une partie est renvoyée au fond de la mine par remblayage hydraulique, dans les sièges de Merlebach, St. Fontaine, Simon et Wendel. Le volume d'eau ainsi réinjecté représente 10 à 20 % du volume exhauré : au siège Wendel par exemple, le pourcentage a décru régulièrement de 20 % en 1962 à 10 % en 1969.

Ainsi, la nappe des G.I.T. a été mise en exploitation dans le secteur des H.B.L. dès le fonçage des premiers puits de mine, soit vers 1850 - 1860. Néanmoins, ces débits d'exhaure étaient peu importants au début de l'exploitation, du fait de la faible étendue et profondeur des réseaux de galeries. Par ailleurs on ne possède de mesures que depuis le début du siècle.

./.

3.1.2.2 Sièges Simon - Wendel

Au siège Simon, l'exhaure de la mine était pratiquement nulle jusqu'en 1907; à partir de ce moment, elle a rapidement augmenté : 150 l/s en 1920, une pointe à 550 l/s en 1930, puis une baisse à 400 l/s jusqu'au début de la guerre. Pendant la guerre, les débits d'exhaure ont dû être très importants, mais la documentation manque. Dès l'après-guerre, l'extension des H.B.L. a provoqué une augmentation des débits d'exhaure : à 700 - 800 l/s. Néanmoins, ces débits ont rapidement diminué et sont à peu près stabilisés depuis 1950 autour de 450 l/s : on peut expliquer ce phénomène par un régime d'exploitation maximum de la nappe au niveau de la mine; l'ensemble de l'aquifère des G.I.T. est pratiquement dénoyé et compte tenu de ses caractéristiques hydrodynamiques et de ses conditions de réalimentation (pluviométrie), il ne peut fournir plus dans ce secteur; de fait, les rabattements maximum de la nappe des G.I.T. y sont de l'ordre de 100 m et forment un cône de dépression très accentué.

Au siège Wendel, l'évolution a été analogue, mais les débits d'exhaure y sont passés de 100 à 120 l/s entre 1962 et 1969.

3.1.2.3 Sièges Merlebach - Cuvelette et St. Fontaine

Au siège Merlebach - Cuvelette, les mesures d'exhaure ont débuté en 1907 (100 l/s). En 1920, elle était de 370 l/s, et s'est ainsi maintenue jusqu'au début de la guerre. Pendant la guerre, ces débits ont notablement augmenté (600 l/s en 1940), mais les mesures manquent. Après guerre, l'exhaure est restée à peu près constante jusqu'à l'heure actuelle, autour de 450 l/s. Là encore, on assiste à une stabilisation du cône de dépression par le dénoyage total de l'aquifère des G.I.T. (rabattement de 120 m au centre du cône).

./.

Au siège St. Fontaine, l'évolution y fut analogue : les mesures effectuées de 1956 à 1969 indiquent une exhaure de 70 à 90 l/s jusqu'en 1962, une pointe à 125 l/s en 1963-1965, puis une baisse régulière à 84 l/s en 1969.

3.1.2.4 Sièges de Faulquemont - Folschwiller

Au siège de Faulquemont, où le forage des premiers puits s'est effectué plus tardivement (vers 1930), le houiller étant plus profond et les G.I.T. sous couverture (Muschelkalk), l'exhaure était de 35 l/s en 1940, 330 l/s en 1950, atteignait un palier à 700 - 750 l/s de 1956 à 1964, puis baissait régulièrement à 450 l/s en 1969.

Au siège de Folschwiller, les débits d'exhaure sont restés faibles (15 à 20 l/s) lors du début de l'exploitation (1931 - 1945). Après guerre, ces débits sont passés à 70 - 80 l/s, pour atteindre un maximum de 100 l/s vers 1963 - 1966, suivi d'une baisse régulière jusqu'à 54 l/s en 1969.

3.1.2.5 Siège La Houve

Les travaux miniers y ont commencé vers 1913. Les débits d'exhaure mesurés étaient de 250 l/s en 1938, 670 l/s en 1944, 550 l/s vers 1955 - 1962, puis une baisse rapide entre 1962 - 1966 à 380 l/s. L'exhaure semble stabilisée depuis.

3.1.3 Forages charbon

Ces forages, pour la plupart, sont rebouchés et n'exploitent donc pas la nappe des G.I.T. actuellement.

./.

Une campagne de sondages de reconnaissance a été effectuée en 1900 - 1914 sur l'anticlinal lorrain, dans le secteur compris entre Pont-à-Mousson et la Sarre. Lors du forage, des volumes d'eau (salée) considérables ont été tirés de la nappe des G.I.T., fortement artésienne dans ce secteur. Les débits artésiens étaient de l'ordre de 30 à 300 l/s au sol : ces débits dépendaient d'une part de la cote du sol par rapport à la cote piézométrique de la nappe dans ce secteur, et d'autre part de la transmissivité des terrains aquifères captés (G.I.T.) On a pu remarquer qu'en général, cette transmissivité (dont l'ordre de grandeur était donné par le calcul du débit spécifique exprimé en m^3/h. par m. de rabattement) était meilleure sur la crête de l'anticlinal que sur ses flancs : fracturation et diaclases plus importantes sur la voûte anticlinale par suite des phénomènes d'extension qui s'y produisent lors de sa formation.

Ces forages étaient tubés au droit des G.I.T. pour permettre un échantillonnage correct dans le houiller, et dès la reconnaissance de ses terrains terminée, ils étaient rebouchés. Peu de documents relatant cette fermeture existent, la plupart des forages n'est même plus visible, à la surface du sol. Néanmoins, certains, tel celui de Mont-sur-Meurthe, ont été mal rebouchés et l'eau parvient au niveau du sol, formant un marécage qui déborde dans le ruisseau voisin. Par ailleurs, il se peut que la fermeture au sol soit bonne, mais que l'aquifère des G.I.T. ait encore la possibilité de s'écouler dans les aquifères sus-jacents à plus faible pression; aucune mesure n'a permis de le vérifier.

3.2 Evolution des débits pompés par les forages

3.2.1 Rendement moyen des forages

Les pompages d'essai réalisés sur les forages pour permettre d'en fixer le régime optimal d'exploitation, donnent la valeur du débit spécifique, exprimé en $m^3/h/m$ (cf. § 2.6.), ou en m^2/s.

./.

Les valeurs de ce débit spécifique dépendent de la transmissivité des terrains aquifères et de l'épaisseur captée.

La distribution des valeurs mesurées des débits spécifiques est donnée par l'histogramme de la figure 8.

- Le nombre total de valeurs prises en compte est 211, dont 94 pour des forages captant la nappe des G.I.T. sous couverture (nappe captive) et 117 pour ceux la captant en affleurement (nappe libre).

- L'histogramme construit est logarithmique à pas constant (5 classes par cycle logarithmique à base décimale).

- Il n'a pas été trouvé de valeurs inférieures à $0,1.10^{-3}$ m^2/s (0,36 m^3/h par m. de rabattement), ni supérieures à 10.10^{-3} m^2/s (36 m^3/h par m. de rabattement).

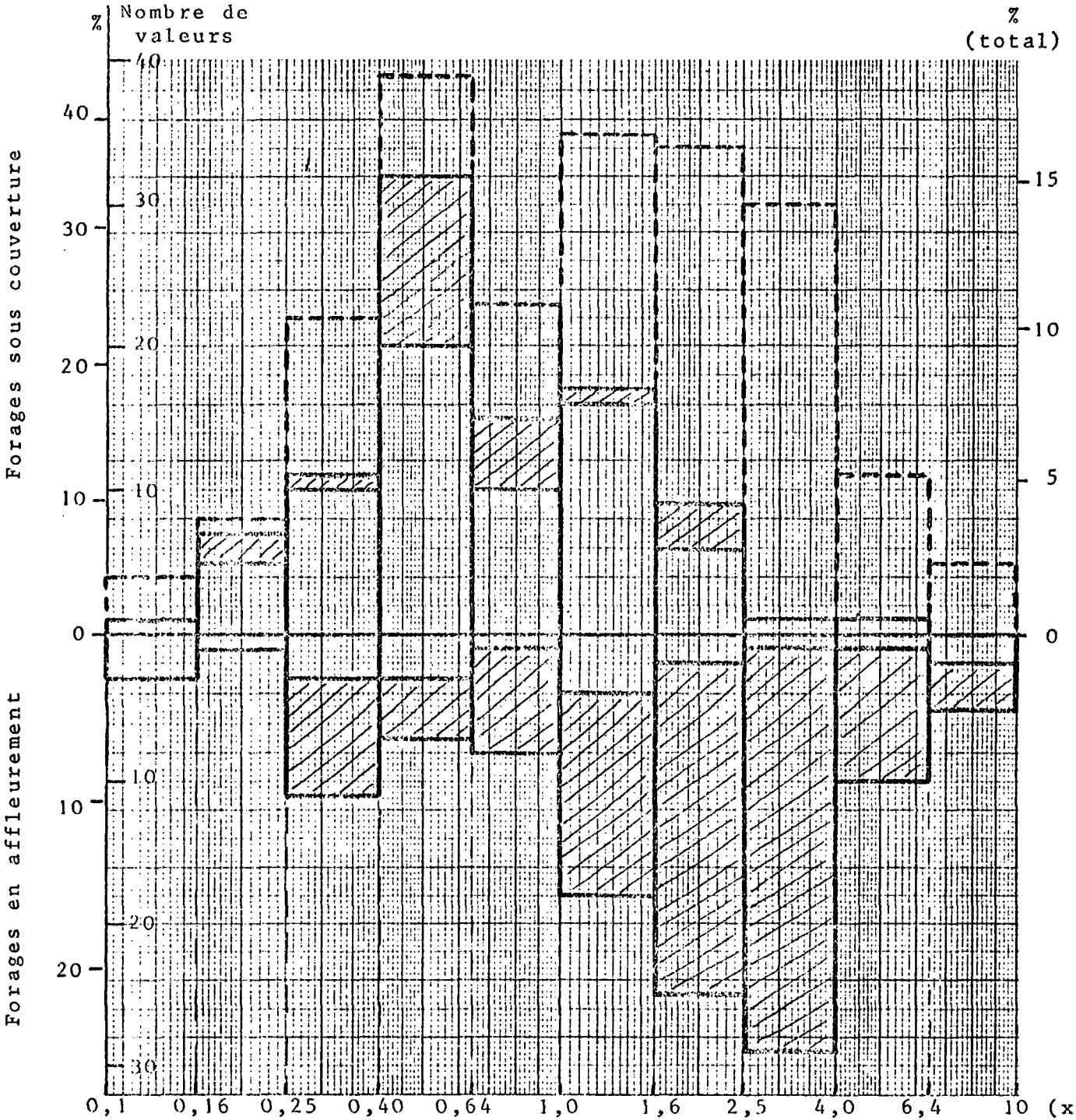
- Pour les forages sous couverture, 68 % des valeurs sont comprises entre 0,4 et $1,6.10^{-3}$ m^2/s, dont 34 % entre 0,4 et $0,64.10^{-3}$ m^2/s.

- Pour les forages en affleurement, 46 % des valeurs sont comprises entre 1 et 4.10^{-3} m^2/s, dont 25 % entre 2,5 et 4.10^{-3} m^2/s.

- Pour l'ensemble des forages 76 % des valeurs sont comprises entre 0,4 et 4.10^{-3} m^2/s.

Mis à part le facteur de pénétration des forages dans l'aquifère, les valeurs du débit spécifique sont plus grandes en affleurement que sous couverture : en moyenne, un forage en affleurement donne 5 à 20 m^3/h par mètre de rabattement, alors qu'un forage sous couverture donne 1 à 5 m^3/h par mètre.

./.



HISTOGRAMME DES DEBITS SPECIFIQUES

Partie hachurée : secteur des HBL

En tireté : ensemble des valeurs

Ensemble des forages

- 211 valeurs dont 120 pour le secteur des HBL
- 76 % des valeurs sont comprises entre 0,4 et 4 x 10^{-3} m^2/s.

Forages sous couverture

- 94 valeurs, dont 24 pour le secteur des HBL
- 68 % des valeurs sont comprises entre 0,4 et 1,6 x 10^{-3} m^2/s dont 34 % entre 0,4 et 0,64 x $10^{-3} m^2/s$

Forages en affleurement

- 117 valeurs, dont 96 pour le secteur des HBL
- 45 % des valeurs sont comprises entre 1 et 4 x 10^{-3} m^2/s, dont 25 % entre 2,5 et 4 x 10^{-3} m^2/s.

Fig. 8

3.2.2 Rythme d'exploitation

Dans la plupart des cas, l'exploitation des forages en affleurement n'affecte pratiquement pas la piézométrie : la réalimentation par la pluviométrie est rapide, les débits d'exploitation sont peu importants et les besoins en eau également tant qu'il s'agit d'eau potable. Dans le cas d'eau industrielle (secteur des H.B.L. et région Sarrebrück - Neunkirchen) où les forages fonctionnent en continu et sont souvent voisins, ces débits peuvent dépasser la réalimentation de la nappe et provoquer un abaissement régional de la nappe. Néanmoins, cet abaissement est faible comparé à celui provoqué sous couverture par les mêmes pompages.

Les débits moyens annuels, pour les forages A.E.P. varient entre 1 et 20 l/s (4 à 70 m^3/h). Le plus souvent, le débit instantané de pompage est de 10 à 100 m^3/h, pendant 10 à 20 heures par jour.

Par contre, les forages A.E.I. fonctionnent souvent 20 à 24 heures par jour, augmentant ainsi le débit moyen annuel qui peut atteindre 40 à 60 l/s pour un bon forage.

3.2.3 Augmentation de l'exploitation par forages au cours du temps

Dans la majorité des cas, la collectivité ou l'industrie qui exploite un ou plusieurs forages voit ses besoins en eau augmenter au cours du temps : augmentation de la population, du débit utilisé par jour et par habitant, des besoins en eau de l'industrie (production, finition, traitement de surface, refroidissement, etc ...) au fur et à mesure de l'amélioration des conditions de vie et des produits de consommation ...

./.

Néanmoins, dans tous les cas, l'augmentation de débit d'un même forage ne peut que doubler, et si les besoins augmentent encore, on fait appel à un autre forage. De plus, et le cas est fréquent à l'heure actuelle, le rendement du forage diminue au cours du temps, le niveau de la nappe a baissé, les caractéristiques du forage ne permettent pas de descendre assez bas la pompe pour augmenter les débits : on est acculé à la réalisation d'un nouveau forage, le plus souvent plus profond et équipé de façon à placer une pompe puissante à une profondeur plus grande. On peut donc dire que l'évolution de l'exploitation de la nappe par les forages est plus fonction du nombre de forages réalisés que de la variation de débit d'un même forage. Le cas des forages anciens qui ont été exploités, et, qui actuellement ne le sont plus, est rare (à part les forages militaires de la ligne Maginot). A l'heure actuelle, on réalise 3 à 4 forages captant les G.I.T. par an, tout au moins pour le secteur français, dont 1 ou 2 sous couverture.

3.2.4 Evaluation des débits pompés par secteur en 1969

Secteur	Sarreguemines - Bitche	170 l/s
"	Château-Salins - Sarrebourg	110 l/s
"	Nancy - Lunéville - Baccarat	260 l/s
"	Vittel - Contrexeville - Bavenel - Charmes	190 l/s
"	H.B.L.	3.250 l/s
"	Sarre allemande (Nord des H.B.L.)	580 l/s
"	Sarrebrück - Neunkirchen	480 l/s
		5.040 l/s.

L'exploitation de la nappe des G.I.T. au Luxembourg et en Allemagne, le long de la Sarre ou au Nord de Bitche et de Neunkirchen nous est inconnue. Néanmoins tous ces secteurs sont en affleurement et donc n'influencent pratiquement pas la nappe sous couverture en France ; la nappe sous couverture au Luxembourg n'est pas exploitée car salée (2 forages d'eau thermo-minérale à Mondorf-les-Bains).

./.

Il apparaît donc que, actuellement (1969), la nappe des G.I.T. est exploitée à raison de 5 m^3/s.

3.2.5 Evaluation des débits pompés depuis 1900

A partir des données existantes, et en fonction des observations qui ont été faites au paragraphe 3.2.2 et 3.2.3, une estimation de l'historique de l'exploitation de la nappe des G.I.T. a été tentée. Les chiffres du tableau ci-dessous sont donnés à titre indicatif, on en conservera néanmoins l'ordre de grandeur; il s'agit des débits moyens prélevés durant chaque décade depuis 1900.

Pour la période	1900/10	1910/20	1920/30	1930/40	1940/50	1950/60	1960/69
Ensemble de la nappe (l/s)	700	950	1700	2200	2900	4300	4900
Secteur Sarre (l/s)	540	750	1400	1700	2100	3450	3700
% des débits du secteur Sarre p.r. au débit total	77	79	82	77	72	80	75

Le secteur Sarre inclut les H.B.L. et la zone allemande au Nord des H.B.L.

Depuis la mise en exploitation de la nappe, un peu plus des 3/4 du débit total prélevé s'est fait en Sarre (affleurements et leur bordure, au Sud-Ouest de la rivière Sarre).

La brusque augmentation de l'exploitation que l'on note à partir de 1950 environ, est due à la réalisation d'un grand nombre de forages industriels dans le secteur des H.B.L.

./.

Depuis 1960, malgré une diminution du débit d'exhaure, on note encore une augmentation du débit global due à l'accroissement de l'exploitation par forage.

3.3 Essai de bilan

3.3.1 Eléments du bilan

Compte tenu des chiffres obtenus lors des calcul de bilan à partir des données hydrologiques en affleurement d'une part, et des données hydrodynamiques de la nappe des G.I.T. sous couverture d'autre part, on peut dresser un bilan de la nappe.

a) L'alimentation de la nappe le long des Vosges peut être évalué à 1 à 2 m^3/s. (Estimation retenue : 1,5 m^3/s).

b) Le débit total d'exploitation de la nappe sous couverture et en Sarre, au Sud-Ouest de la rivière Sarre, est estimé à 4,5 m^3/s (en éliminant les pompages en affleurement des Vosges et du secteur au Nord-Est de la rivière Sarre).

c) L'apport dû à la pluviométrie sur les affleurements de la Sarre est le suivant (secteur limité au Nord par la Sarre et la Bisten) :

Pluviométrie	:	870 mm
Coefficient d'infiltration	:	20 à 25 %
Infiltration	:	175 à 220 mm
Surface d'affleurement	:	480 km^2
Débit infiltré	:	2,6 à 3,3 m^3/s (3 m^3/s ?)

Estimation retenue : 3 m^3/s.

Ce coefficient d'infiltration de 20 à 25 % représente une moyenne, dans certains secteurs comme celui de la vallée de la Bisten, la nappe a peu baissé et le coefficient d'infiltration y est de l'ordre de 5 à 15 % ; par contre il peut atteindre 30 ou 40 % au droit des entonnoirs d'exhaure des mines.

./.

d) Le débit de la nappe qui passe à l'Ouest des H.B.L. vers le Nord peut être évalué à 70 l/s, terme très faible par rapport aux débits d'alimentation ou de pompage.

Longueur de front : 80 km Epaisseur moyenne : 130 m
Perméabilité : 10^{-5} m/s Gradient moyen : 7.10^{-4}.

e) La nappe baisse, suivant les secteurs sous couverture de 0,5 à 1,5 m par an, alors qu'elle semble à peu près stabilisée en affleurement (H.B.L.) Le volume d'eau correspondant peut se calculer comme suit :

Hauteur d'eau H = 0,5 à 1,5 m
Superficie A = 2 à 3.10^{4} km^2
Coefficient de compressibilité S = 10^{-4}
> $Q \sim$ 0,03 à 0,15 m^3/s.

L'ordre de grandeur est donc de 0,1 m^3/s, terme également très petit par rapport aux débits d'alimentation de la nappe ou de pompage.

3.3.2 Cadrage du bilan

Les ajustements successifs effectués lors de ces calculs, permettent de présenter le bilan général suivant :

L'alimentation pluviométrique dans les Vosges (1,5 m^3/s) et en Sarre (3 m^3/s) compense les pompages (4,5 m^3/s).

La baisse de la nappe (0,1 m^3/s) compense l'écoulement vers le Nord à l'Ouest des H.B.L. ($\sim$ 0,1 m^3/s).

Il est bien évident que ce cadrage est artificiel; néanmoins il permet de situer et de comparer les débits en présence, de préciser l'ordre de grandeur des différents paramètres qui entrent en jeu :

./.

- Le coefficient d'infiltration dans les massifs gréseux des Vosges, où la nappe est au refus, est d'environ 5 %.

- Ce coefficient passe à 10 - 20 % dans les zones exploitées où la nappe a subi une certaine baisse, et à 30 - 40 % là où cette nappe est très basse par rapport aux exutoires naturels (H.B.L.)

- Ce bilan ne fait pas apparaître la nécessité d'un apport par drainance autour des H.B.L., au voisinage des cônes de dépression. Ce débit d'alimentation supplémentaire est sans doute de l'ordre de 100 à 200 1/s et donc trop faible pour pouvoir être mis en évidence à partir de ces calculs peu précis. Il est d'ailleurs compensé par le drainage de la rivière Sarre à la traversée des affleurements.

- Sur les 3,8 m^3/s pompés dans le secteur de la Sarre, 3 m^3/s sont compensés par la pluviométrie, les 0,8 m^3/s restant sont fournis par la nappe sous couverture. De fait, il reste à la nappe venant des Vosges (1,5 m^3/s), après les pompages sous couverture (0,7 m^3/s), environ 0,8 m^3/s.

En résumé, si l'on fait un tableau de comparaison entre ce qui est fourni à la nappe et ce qui lui est retiré, on peut donner les résultats suivants :

Alimentation des Vosges 1,5 m^3/s	Pompages 4,5 m^3/s
Alimentation H.B.L. 3 m^3/s	
Baisse de niveau de la nappe 0,1 m^3/s	Ecoulement vers le Nord 0,1 m^3/s
Drainance autour des H.B.L. 0,1 - 0,2 m^3/s	Drainage par la Sarre 0,1 - 0,2 m^3/s

CONCLUSIONS

Cette étude a permis, à partir de la masse considérable mais souvent disparate des données, de préciser l'évolution de la nappe aquifère des Grès infratriasiques du Nord-Est de la France, et d'évaluer les termes de son bilan.

La piézométrie de cette nappe, captive sur sa plus grande partie, baisse d'une manière générale, compte tenu de l'abaissement notable de son exutoire dans le secteur des H.B.L. et des pompages effectués sous couverture, par rapport aux faibles possibilités d'alimentation le long des Vosges.

Cette alimentation vosgienne ne peut être augmentée que par un accroissement notable du gradient à la mise en pression de la nappe des G.I.T. sous les terrains de couverture. En réalité on ne pourra obtenir ce résultat qu'en exploitant fortement la nappe en bordure des affleurements, mais ceci n'améliorera en rien l'évolution de la nappe plus en aval.

La nappe des G.I.T. est surexploitée dans le secteur des H.B.L. par les exhaures des mines et les forages industriels. La baisse piézométrique considérable enregistrée dans ce secteur se répercute sur l'ensemble de la nappe. Il est donc nécessaire de chercher ailleurs que dans la nappe des G.I.T. des ressources en eau pour les besoins industriels, d'autant plus que ceux-ci doivent augmenter dans les années à venir.

On aura donc intérêt, dans le but de maintenir des conditions d'exploitation rationnelles et économiques sur l'ensemble de la nappe, à diminuer les pompages dans le secteur des H.B.L. et à exploiter celle-ci le long des Vosges.

Le Directeur du Service de la Carte
Géologique d'Alsace et de Lorraine

L. SIMLER

B I B L I O G R A P H I E

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

Cette bibliographie est composée de 4 parties :

I - GEOLOGIE
II - HYDROGEOLOGIE
III - FORAGES
IV - CARTES GEOLOGIQUES

Pour une bibliographie plus détaillée de la géologie du Trias inférieur du Nord Est de la France, on pourra consulter les thèses de MM. J. Perriaux et J. Ricour, ainsi que les publications du Colloque du Trias, Montpellier.

Pour les données hydrogéologiques, les études d'ensemble, locales ou régionales sont données par la liste des auteurs (n°II); les études spécifiques à un forage sont données par la liste des forages (n°III) où est indiqué le N°B.R.G.M.

L'ensemble des cartes géologiques consultées est donnée dans la liste n°IV.

==========

B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

I. GEOLOGIE

BENECKE E.W.(1877). - Uberdie Trias in Elsass - Lothringen und Luxemburg. - Abh. zur Geol. Spez.K.v.E.L.,Bd-1-4-4, pp.491-829

BENECKE E.W. et WERVEKE L. van(1890). - Uber das Rothliegende der Vogesen.(Mittl. der geol. Landesanstalt von Els. Lothr., Bd III, pp. 45-103)

BIZOUARD (1951). - Le prolongement du Bassin houiller sarro-lorrain en Lorraine occidentale. - HBL - DGT 1.333 - 30p.
- B213(BRGG)

BLEICHER G. (1900). - Recherche sur l'origine et la nature des éléments du Grès des Vosges. - Bull. de la Soc. des Sc. de Nancy.

BOIGK H. (1956). - Ausbildung und Paläogeographie des Buntsandsteins im nördlichen Teil der Niederrheinischen Bucht und seine Beziehung zu benachbarten Gebieten. - Geol. Jahrbuch, Hannover, Band 72. pp. 347-366.

BOIGK H. (1956). - Vorläufige Mitteilung über eine neue Gliederung des Mittleren Buntsandsteins im Raume Südhannover. - Geol. Jahrbuch, Hannover, Band 72, pp. 325-340.

BRINKMANN R. (1926). - Tektonik und Sedimentation im deutschen Triasbecken. - Zeit deut. Geol. Gesell., 78.

BRINKMANN R. (1933) - Uber Kreuzschichtung im deutschen Buntsandsteinbecken. - Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math-Phys. Kl.(IV), pp. 1-12, Berlin.

BRUNZEL K. (1896). - Das rothliegende nördlich vom Donom. Mitt. d. Geol. Land. v. Els. Lothr. Bd IV, pp. 175-194.

BUCKING H. (1890). - Das Rothliegende des Breuschtales. - Mitt. Commiss. Geol. Landesuntersuchungen II, p. 105.

BUCKING H. (1918 - 1920). - Beiträge zur Geologie der oberen Breuchtales in den Vosgesen. - Mitt. Geol. Land. Els. Lothr. XII, p. 1.

CARDOT C. (1911). - Le Trias inférieur de la Haute Vallée de l'Ognon. - Bull. Soc. Belfortaine d'émulation, n° 30.

CLIN M., LAUGIER R., MILLOT G. (1957). - Un profil de la nappe des grès vosgiens le long de la vallée de la Meurthe, B.S.G.F.(6) VII, pp. 1015-1024.

CORROY G. (1924). - Etude stratigraphique et tectonique des régions N du seuil de Bourgogne et du bassin des eaux minérales vosgiennes, avec une carte tectonique. - Ann. Fac. Sc. de Marseille,t.VII, fasc. 1.

DUBOIS G. (1954). - Nomenclature française du Trias germanique. - XIX° Congrès int. Section XIII, fasc. XIII, Alger, 1952.

DUBOIS G., JARGVOY M. et SAUVAGE C. (1949). - Résumé de la géologie du Palatinat rhénan et de ses abords. - Livret n°3 du Serv. Carte Géol. Als. Lorr. Strasbourg.

FALKE A. (1960). - Stratigraphische Probleme des pfälzischen Rothliegenden. - N.J. Geol. Pal., H.5.

FOURMENTRAUX J., PONTARLIER J., LAVIGNE J. et POUJOL P. (1959). - Trias, Jurassique inférieur et moyen de l'Est du Bassin de Paris : présentation des cartes d'isopaques et de lithofaciès. - Revue de l'I.F.P., vol. XIV, 9, pp. 1063-1090.

FRANCK M(1937). - Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwestdeutschland. - Geol. Rundsch. 28, pp. 465-498.

GLANGEAUX L., MINOUX G. et RICOUR J. (1957). - Résultats stratigraphiques et hydrogeologiques du forage éxécuté dans le Trias à Lure (Hte-S.). - C.R. S.G.F., p. 83.

GUILLAUME L. (1939 b). - Observations sur la stratigraphie du Trias Lorrain; forage de Saint-Clément (M.et M.). - C.R. du 1er Congrès lorrain des Soc. sav. de l'Est de la France, 6-8 juin 38, t. II, pp. 173-178.

HAM P. (1967). - Les diaclases des grès des Vosges du Nord. - D.E.S. Inst. Géol. Strasbourg, 29 p., 15 fig., 4 cart.

HEIM D (1960). - Uber die Petrographie und Genese der Tonsteine aus dem Rothliegenden des Saar-Nahe Gebietes. - Beitr. Min. Petr., 7, 281-317.

HENRICH H.W. (1961). - Sedimentpetrographische Untersuchungen im Buntsandstein des Saarlandes und der angrenzenden Gebiete. - Inaugural Diss. Math. Naturw., Fak. Univ. der Saarlandes, Saarbrücken.

JACQUOT M.E. (1868). - Description géologique et minéralogique du département de la Moselle. - Paris, Simon Raçon et Cie Imp., 490 p., 5pl.h.t., 23 fig.

KOLB T. (1954).- Granulométrie comparée du Permien et du Trias des régions de Rougemont-le-Chateau-Leval (T.de B.) et de Lauw (H.R.).-CR SGF, n°1-2,p.29-31.

LAUGIER R. (1963). - Trias de faciès germanique en Lorraine. - Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes (1961) -Montpellier. (Mémoires du B.R.G.M. n° 15, 1963, pp. 39-65).

LUCIUS M. (1941). - Geologie von Luxembourg. - Bd. III,(Trias), Publ. Serv. Geol. du Luxembourg.

LUCIUS M. (1950). - Coup d'oeil sur l'histoire géologique de la terre luxembourgeoise. - Schweizerische Bauzeitung, 7p., 1 carte.

LUCIUS M. (1953). - Le faciès littoral du Trias dans l'aire de sédimentation luxembourgeoise. - Revue gén. des Sc., t.LX, n° 11-12, pp. 355-365.

MAUBEUGE P.L. (1960) - Quelques remarques sur la constitution géologique profonde du Bassin de Paris (terrain triasique) ; - C.R. S.G.F. 1, pp. 7-8.

MAUBEUGE P.L. (1960). - Les données actuelles sur la constitution géologique profonde duBassin de Paris. - C.R.Ac. Sc., n° 5, pp. 878-880, 1 carte h.t.

MINOUX G. (1968). - Nouvelles observations sur la couverture triasique et son substratum dans la région occidentale des Vosges. Les forages de Vittel, Contrexeville et Lamarche. Résultats de la campagne de recherche hydrogéologique, 1954-1958. - B.S.G.F., (6), t. VIII, n° 3, pp. 213-236.

MÜLLER E.M. (1952). - Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. - Thèse Univ. Sarre, Sarrebrück, 27 juin 52.

PERRIAUX J. (1961). -Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. - Mémoires du S.G.A.L. n° 18, 236 p., 27 fig., 46 tab.

PERRIAUX J. (1963). - Stratigraphie du Trias inférieur de l'Est de la France. - Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes, 1961, Montpellier, Mémoires du B.R.G.M. n° 15, pp. 79-88.

RICOUR J. (1959). - Stratigraphie du Trias du Bassin de Paris. - B.S.G.F., (7), 1, pp. 3-11.

RICOUR J. (1960). - Contribution à une révision du Trias Français. - Thèse fac. Sc. Paris.

SINDOVSKI K.H. (1958). - Schüttungsrichtungen und Mineralprovinzen im west-deutchen Buntsandstein. - Geol. Jahrb., Hannover, Bd. 73, pp. 227 (294).

SIVIARD Répertoire des sondages éxécutés dans le bassin sarro-lorrain et situés dans le territoire de la Sarre (M. et M.&M.) - Mines Doman. Fr. de la Sarre.

THEOBALD N. (1952). - Histoire géologique de la bordure septentrionale de l'Est du Bassin parisien. - Ann. Univ. Sarre , Sc. I, pp. 33-69.

THEOBALD N. (1952). - Aperçu géologique du territoire de la Sarre. - Publ. Univ. Sarre.

THEOBALD N. (1963). - Géologie des environs de Luxeuil-les-Bains (H.S.). - Ann. Sc. Univ. de Besançon, 2ème série, Géol. fasc. 17.

THEOBALD N (1968). - La couverture triasique des Vosges dans les environs de Melisey (H.-S.) et dans l'angle S.W. de la feuille de Giromagny - (1/50000). - Ann. Sc. Univ. de Besançon, 3ème série, Geol. fasc. 5

THEOBALD N. et BRITZ K. (1951). - La surface infratriasique dans le domaine du bassin houiller sarro-lorrain. - C.R. Ac. Sc., t. 233, pp. 421-423.

THIRIOT J. (1953). - Traduction de documents allemands conservés aux archives du S.M. de Metz sur des sondages de recherche de houille - Groupe de Solgne. - B.R.G.M. AS 47.

VILLEMIN J. (1963). - Trias des sondages du Bassin de Paris de la régie autonome des Pétroles. - Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes (1961) Montpellier, Mémoires du B.R.G.M. n° 15, pp. 89-122, 23 fig.

WERVECKE L. (1906). - Aperçu sur la constitution et l'histoire géologique des Vosges. - Ann. Soc. Geol. Belg., XXXIV, pp. 247-264, pl. XIX et XX.

YAPAUDJAN L. (1961). - Essai de caractérisation des sédiments permiens et triasiques dans le bassin de-Paris. - Coll. Trias Montpellier, mars 1961, pp. 123-145, 8 fig.

==========

II. HYDROGEOLOGIE

BABOT Y. et SIMLER L. (1970). - A.E.P. des Syndicats des eaux de la région comprise entre Saint-Avold et Albestroff, à partir de l'aquifère des grès vosgiens. Etude géologique préliminaire. - S.G.A.L. Strasbourg, 3.4.70.

BINTZ J. (1965). - Les possibilités de renforcement de notre alimentation en eau par forages-captages d'eaux souterraines. - Soc. des Natur. Luxemb. Bull. n° 70, 108 p.

CASTANY G., GUILLAUME M. et DEMAUTORT J. (1961). - Ensemble hydrogéologique des Grès bigarrés. Programme d'étude de la zone de l'anticlinal de Lorraine. Eléments pour une prévision de dépenses. - B.R.G.M., 19.5.61, 16 p., 2 tab.

COMPARON P. (1960). - Les eaux souterraines dans les H.B.L. (Moselle). - Houille Blanche 1960, pp. 434-439 (Mémoires des 6èmes journées de l'Hydraulique, rapport n° 3, question IV)

DAGUE Ph. (1969). - Etude géologique et hydrogéologique de la nappe des grès du Trias inférieur dans l'Est de la France. - Thèse Ing. Dr. Univ. Nancy.

DAGUE Ph. (1967). - Etude de la nappe des Grès du Trias inférieur. Inventaire des forages captant les grès. Stratigraphie du Trias en Lorraine (15 p.) Chimie des eaux de la nappe des Grès (18 p.). Problème du bilan (15 p). - Labo. Hydrogéol. Univ. Nancy, oct. 67.

DE SEZE F.R., LANGENFELD F. et SIMLER L. (1966). - Etude hydrogéologique du département de la Moselle. Rapport n° 1. - S.C.G.A.L., 38 p., 8 ann. 8.4.66.

DE SEZE F.R., BOTH J. et SIMLER L. (1967). - Etude hydrogéologique de la nappe des grès vosgiens dans le secteur des Houilles du Bassin de Lorraine. - S.C.G.A.L., 55 p., 33 fig., 13 pl.

EINSELE G. (1969). - Hydrogeologische Untersuchung in der Buntsandsteinzone des Südlichen Saarlandes. - Geol. Mill. n° 9, 74 p., 24 fig., 15 tab. juin 69.

EINSELE G. (1970). - Ober - und unterirdischen Abfluss im Saarländischen Buntsandstein. - Z. Deutsch Geol. Gas. Sonderh. Hydrogeol., pp. 43-47, 10 fig., 1 tab. Hannover.

GEOPETROLE . - Etude de l'injection profonde d'eau résiduaire entre Metz et Thionville.

(1966). - Programme d'essai à entreprendre sur les puits de Bois-Chaté et Metz. - J.Delouvrier. - Geop. 552, 18 p., 2 fig.

GEOPETROLE (1967). - Examen des possibilités d'injection dans les G.I.T. - Delouvrier J. et Prudhomme P. - Geop. 746, 39 p., 1 fig., 4 tab., 5 pl.

GEOPETROLE (1967). - Interprétation des essais de puits. - Bonnet M. et Tête D. - Geo. 101, 26 p., 3 fig., 4 tab., 11 fig., h.t.

GUILLAUME L. (1930). - Etude géologique du projet d'alimentation en eau potable du département de la Moselle. - Inédit Strasbourg 1930, 106 p., ann.I: A.E.P. par sources, 38 p. - ann.II : forages recherche A.E.P., 36 p. - ann.III : sources et forages A.E.P. syndicat, 60 p.

GUILLAUME L. (1932). - Rapport géologique sur la première tranche du programmme de recherche d'eau potable dans le département de la Moselle - Campagne 1931 - Strasbourg , 18.7.32, 19 p.

GUILLAUME L. (1933). - Rapport hydrogéologique sur la 2ème tranche du programme de recherche d'eau potable dans le département de la Moselle - Campagne 1932-1933 - Strasbourg, 2.6.33, 37 p.

GUILLAUME M. et DE MAUTORT J. (1960). - Note relative à la reconnaissance hydrogéologique de la nappe des GIT au Sud de Metz, par sondage profond devant être effectué par la PREPA. - B.R.G.M. Géol., 8 p., 1 fig. 20.1.60.

HEITELE H. (1968).- Versickerungsvorgänge in der Buntsandsteinzone des Südlichen Saarländes. - Diss. Math. Naturw. Fak. Univ. Tübingen, 100 p., 32 fig. 4 tab.

JOLY H. (1908). - Observations sur le sondage de Longwy - Bull. Soc. Sc. Nancy, 3ème série, t. IX, fasc. 2, pp. 88-96.

JOLY H. (1929). - Etude des terrains triasiques à traverser par les puits de mines de houille en Moselle. - Fac. Sc. Nancy, 15.11.69.

LE BRIS A. (1964). - Etude hydrogéologique de la nappe du grès vosgien dans la zone limitée par la Sarre et son affluent la Nied allemande. - Dipl. Ing. ENITR Strasbourg, 29.6.64, 35 p., 6 pl., 3 tab.

LIENHARDT G., MINOUX G., et collaborateurs GUILLAUME M. et LAUGIER R. (1960). - Etude hydrogéologique documentaire sur les Grès du Trias inférieur en Lorraine. - B.R.G.M., 17 p., 4 ann., 4 pl. (Note annexe. Projet de sondage aux GIT dans la région de Metz. - 19.4.62, 3 p., 1 fig. (auteurs). - Note annexe. Implantation d'un forage aux Grès Vosgiens à Metz. - 3.10.62, 6 p. (collaborateurs).

LUCIUS M. (1949). - Les nappes d'eau souterraines du Luxembourg et leur utilisation rationnelle. - Revue tech. n°4. 41 - oct.-déc. 1949, pp. 227-237.

LY V. (1969). - Interprétation d'essais de pompage de la nappe des grès vosgiens pour la détermination des pertes de charges particulières. - Dipl. Ing. ENITR - Strasbourg, 81 p., 35 fig.

MARTIN J. (1971). - Etude hydrogéologique du bassin versant de la Sarre. Annuaire des données hydrométriques. - S.G.A.L., 24 p., 25 ann. 1.1.71. - Annuaire des données pluviométriques. - 51 p., 5 ann. - 1.1.71.

MINOUX G. (1958). - Nouvelles observations sur la couverture triasique et son substratum dans la région occidentale des Vosges. Forages de Vittel, Contrexeville, Lamarche. Résultats de la campagne de recherche hydrogéologique 1954-1958. - BSGF (6), t. VIII, n° 3, pp. 213-236.

MINOUX G. (1960). - Méthode et résultats d'étude des gites aquifères du Trias inférieur et moyen dans le bassin vosgien. - La Houille Bl., n° 1, pp. 511-521. (Mémoires des 6èmes journées de l'Hydraulique, rapport n° 5, quest. V).

MINOUX G. (1965). - A.E.P. du syndicat du Haut-du-Mont, dans la région Ouest de Charmes (Vosges). Implantation d'un forage aux GIT. - DSGR 65 A 23, 32 p., 9 fig., 1 tab., 5 ann photos, 5 ann.

MINOUX G. (1965). - Etude hydrogeologique du territoire du syndicat intercommunal de Vicherey et du Val d'Aroffe. Implantation d'un forage aux GIT. DSGR 65 A 31, 46 p., 5 fig., 2 tab., 3 ann.

MINOUX G. (1967). - Observations complémentaires sur la couverture triasique et son substratum dans la région occidentale des Vosges. Forages dans les bassins de Vittel, Contrexeville et Martigny-les-Bains. - Bull. Soc. Géol. de France (7), IX, pp. 679-690.

MINOUX G. (1967). - Contribution à l'étude de la nappe aquifère des grès du Trias inférieur dans la région de Vittel, Contrexeville, Lamarche. - B.R.G.M. DSGR 67 A 70, 29 p., 6 fig., 8 tab., 12 ann.

MINOUX G. (1970). - Etude de la nappe aquifère des GIT dans la région de Vittel, Contrexeville, Lamarche (88). Projet d'implantation et d'exécution de forages piézométriques à Dombrot-le-Sec et à Lignéville. - 70 SGN 225 NES, 17 p., 2 fig., 4 ann.

MÜLLER R. (1924). - Les eaux minérales de Sierck. - Ed. de "Strasbourg-Médical", Ipl. Univ., 94 p.

SEILER K.P. (1968). - Grundwasser fliessvorgänge im Klüftigen und porösen Medium des mittleren Buntsandsteins im Saarland. - Inaug. Diss. Math. Naturw. Univ. Tübingen, 114 p., 23 fig., 14 tab.

SEMMLER W. (1960). - Die hydrologische Verhältnisse des lothringischen Buntsandsteinsattels. Festschrift zum 70. Geburtstag von Ernst Kraus : "Abh. dtsch. Akord. Wiss. Berlin, Klasse III, Heft 1, pp. 350-368, 10 fig.

SOMMELET H. (1965). - Etude des ressources en eau sur le versant Ouest du département des Vosges, en vue de l'alimentation du bief de partage du canal de la Marne au Rhin. - Thèse Doct. 3ème cycle, Fac. Sc. Univ. Strasbourg, S.G.A.L.

SUZANNE P. et SIMLER L. (1966). - Carrière de Freyming (Moselle). Etude des possibilités des rabattements de la nappe des grès. Résultats de l'essai de pompage réalisé du 17 au 24.11.65. - S.G.A.L., mars 1966.

THIEBAUT L. (1920). - Compte-rendu des données géologiques et hydrogéologiques recueillies au cours des recherches d'eau potable effectuées en Lorraine par les armées françaises. - Ann. Ponts et Chaussées, n° 17, pp. 312-340, Mémoires et documents.

UNGEMACH P. (1968). - Etude du bilan de la nappe des grès du Trias inférieur en Lorraine. Campagne d'essais de pompages (10.67 - 5.68). - S.G.A.L. 27.8.68., 36 p., 8 fig., 5 ann.

VAN WERWECKE L. (1911). - Das Vorkommen von Mineral- und Thermalquellen im lothringischen und luxemburgischen Buntsandstein. - Mitt. Geol. Land von Els. LOth., Bd VII, pp. 91-114.

VAN WERVECKE L. (1913). - Neuer Beitrag zur Kenntnis der Mineralwasser im lothringischen und luxemburgischen Buntsandsteingrenze gegen die Süsswasser. - Mitt. Geol. Land von Els. Loth., Bd VIII, n° 2, pp. 229-234.

==========

III. F O R A G E S.

ACHEN - CASEMATE -A- (166-8-1).

Rapport final de surveillance hydrogéologique. - L.Guillaume - 9.37

ACHEN - CASEMATE -B- (166-8-2).

Rapport final. - L.Guillaume. - 10.1937.

ACHEN - CASEMATE -C- (166-8-3).

Rapport final. - L.Guillaume. - 4. 1937.

ACHEN - CASEMATE -D- (166-8-4).

Rapport final. - L.Guillaume. - 4. 1937.

ACHEN - HAUT POIRIER (166-8-6).

Forage de l'ouvrage Haut Poirier. Rapport final. -L.Guillaume- 10.36.

ACHEN - (166-8-7).

-Rapport de surveillance hydrogéologique. - L.Guillaume - 5.1936.

-A.E.P. commune d'Achen (Moselle). Projet d'utilisation d'un ancien forage militaire. - B.R.G.M. A 654 - 14.6.54; Minoux G.

ALSTING (140-6- 21).

-Projet d'A.E.P. de la commune d'Alsting. -L.Guillaume - B.R.G.M. - Jan. 1930.

-Forage A.E.P. d'Alsting. Rapport final de surveillance hydrogéologique. - S.G.A.L. - Simler L., Sittler J. et Garnier J.L.

ARZWILLER (233-1-4/5/6).

Plan incliné d'Arzwiller. Mesure des pressions hydrostatiques et essai de décompression. - S.G.A.L. - 5.67 - Simler L., Suzanne P. et Daum J.L.

BEHREN - les - FORBACH (140-6-23).

Projet d'A.E.P. de la commune. -B.R.G.M. - 2.30 - Guillaume L.

BENING - les - Saint - AVOLD (166-1-5).

-Projet d'A.E.P. de la commune. - B.R.G.M. - 12.29 - Guillaume L.

-Rapport d'étude hydrogéologique A.E.P. de Bening-les-St-Avold (M) S.G.A.L. - 28.7.55 - Sittler J.

BETTING - les - Saint - AVOLD (165-4-15).

-Analyse granulométrique. - S.G.A.L. - 13.2.64 - Sittler J.

-Essai de pompage du 2 au 11.7.64 - S.G.A.L.

-Forage de Betting-les-Saint-Avold. Rapport final de surveillance géologique. Syndicat des eaux de Seinhouse. - S.C.G.A.L. - 7.65 - Simler L., Sittler J., Suzanne P.

BINING - les - ROHRBACH (167-5-1).

-Forage de Bining-les-Rohrbach. Rapport final de surveillance des travaux. - B.R.G.M. A 1217 - 10.10.57 - Guillaume M.

BITCHE (167 - 7 - 2)

Rapport final d'essai de pompage. - S.G.A.L. - 8.65 - (Forage fait en 1929) - SIMLER L., SCHWOERER P. et SUZANNE P.

BLAMONT (270 - 1 - 16).

Résultats des essais de pompage effectués du 1 au 7.2.68. - S.G.A.L. - 17.3.68 - UNGEMACH P. et DAGUE Ph.

BOIS CHATE (137 - 3 - 1).(Dit Source Perrotin)

-Le sondage de Bois Chaté. - Bull. Soc. Nancy, 3ème série, t. XV, fasc. 1, 1914 - NICKLES R.

-Etude hydrogéologique de la Source de Perrotin. - MARTIN G.- SGR-NES n° 16/71, 5 p., 2 ann.

CHARMES (304 - 3 - 11).

Essai de pompage. (inédit S.C.G.A.L.)

CHENEVIERES (269 - 2 - 2).

-Le forage de Chenevières. A.E.P. d'une base aérienne américaine. - B.R.G.M. - A 1256 - 7.1.58 - DE MAUTORT J.

-Rapport de surveillance géologique du forage de la base aérienne de Chenevières.- Arch. Serv. Hyg. ENSG - 1967 - CLIN M. et LAUGIER R.

COUME (139 - 6 - 34 et 49).

-A.E.P. du Syndicat de Boulay. - 13.2.51 - B.R.G.M. A 413 - GUILLAUME L.

-Forage de Coume - Syndicat des eaux de Boulay. - S.C.G.A.L. - 7.58 - MILLOT G.

-Utilisation du Forage n° 2 de Coume. - S.G.A.L. - 9.58 - MILLOT G.

CREUTZWALD (139 - 7 - 27/28/29/30). FC 3/1/2/Sud.

-A.E.P. de la ville. - S.C.G.A.L. - 1.66 - SIMLER L.

-A.E.P. complémentaire de la ville - Implantation de nouveaux forages -S.C.G.A.L. - 1.66 - SIMLER L. et BOTH J.

-Essais de pompages du 31.3. au 3.4.70 sur l'ancien forage communal (F3). - S.C.G.A.L. - 4.70 - SIMLER L. et KREBS G.

DALEM (139 - 2 - 31 et 54 et 107)

I II III

-Recherche d'eau potable pour le syndicat de Bouzonville (Moselle). Forages aux environs de Dalem. - B.R.G.M. A 406 - 5.2.48 -

-Le forage de Dalem I. Rapport final de surveillance géologique. Coupe géologique. Résultats obtenus. Condition d'utilisation. - B.R.G.M.- 10.10.50 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

-Rapport géologique sur l'augmentation des ressources en eau potable du Syndicat de Bouzonville. Nouveaux forages aux environs de Dalem. S.C.G.A.L. - 28.3.61 - MILLOT G.

DALEM (suite)

-Rapport final de surveillance géologique du forage de Dalem II. Syndicat intercommunal des eaux de Bouzonville (M). - S.G.A.L. -20.4.64- SIMIER L. et SITTLER J.

DAMBLAIN (337 - 4 - 1001).

-Deux regards nouveaux sur le substratum antetriasique à l'W. des Vosges Les forages de Ravenel et Damblain. - B.S.G.F. 6, t. IV, 1954, pp. 515-523. - GUILLAUME L. et MINOUX G.

DIEUZE (Brejcha) (195 - 7 - 1).

Profil der Trias einer Tiefbohrung in Dieuze (Loth.). - Mitt. Geol. Land. Els. Loth. Bd. VI, 1908, pp. 361-368. - VAN WERVECKE L.

DIEUZE KUHLMANN (195 - 7 - 8).

-Conditions techniques d'exécution d'un forage d'A.E.P./I pour l'usine des Etablissements Kuhlmann à Dieuze. - B.R.G.M. A 938 - 20.3.56 - - MINOUX G.

-Rapport final de surveillance géologique et technique. - B.R.G.M. A 1228 - 15.11.57 -. DE MAUTORT J. et MINOUX G.

DIEUZE (A.E.P. ville) (195 - 7 - 37).

-A.E.P. de la ville. Projet d'exécution d'un forage d'exploitation de la nappe des grès du Trias inférieur. - S.C.G.A.L. - 2.25 - SIMLER L. et SCWOERER P.

-Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage A.E.P. de la ville de Dieuze. - S.C.G.A.L. - 5.67 - BABOT Y. et SCHWOERER P.

DOMPAIRE (339 - 2 - 2).

Forage profond de recherche d'eau potable à Dompaire (Vosges) et observations sur la constitution du Muschelkalk lorrain. - B.S.S.Ny - n.s.- n° 2 - fév.-mars 39 - pp. 48-56. - GUILLAUME L.

EINVILLE - au - JARD (231 - 5 - 1).

Résultats des essais de débit effectués du 10.10 au 14.11.67, et caractéristiques physico-chimiques de l'eau captée. - ENSG-S.C.G.A.L. - - 3.1.68 - 9 p. - 11 ann.

ENCHENBERG (167 - 6 - 5).

Rapport final de surveillance géologique. Détermination des périmètres de protection. - S.C.G.A.L. - 6.66 - SCHWOERER P. et SUZANNE P.

FALK - (139 - 6 - 35 (T.Sp.)/ 36 (F.Cité)/ 37 (S.N.C.F. 1)/ 38 (S.N.-C.F. 2)/ 60 (S.N.C.F. 3).

-Forage de Falk. Cahier d'essai de débit. - B.R.G.M. - 5.54 - GUILLAUME L.

-Amélioration de l'A.E.P. de Falk. - S.C.G.A.L. - 8.70 - SIMLERL. et BOTH J.

FAULQUEMONT F.C. (165 - 6 - 13).

Rapport de surveillance géologique. - 5.35 - GUILLAUME L.

FOLKLING (140 - 5 - 44 (1) et 45 (2 - Synd.)).

Rapport hydrogéologique final de surveillance du forage de Folkling. (Moselle). - S.C.G.A.L. - 27.11.62 - MILLOT G. et SITTLER J.

FOLPERSVILLER (166 - 4 - 1).

-Recherche d'eau potable pour le syndicat de Folpersviller (Moselle) - B.R.G.M. - A 451 - 3.8.49 - GUILLAUME L.

-Le forage de Folpersviller. Rapport de surveilance géologique. - B.R.G.M. - A 451 - 10.7.52 - GUILLAUME L. et GUILLAUME M.

-Syndicat des eaux de la Blies. Rapport géologique relatif à l'implantation d'un nouveau forage à Folpersviller. - S.C.G.A.L. - 9.69 - BABOT Y., BOTH J. et SIMLER L.

-A.E.P. complémentaire du syndicat des eaux de la Blies. Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage n° 2 de Folpersviller. - S.C.G.A.L. - Janvier 1972 - 11 p. - 6 ann.

FONTENOY - la - JOUTE (269 - 7 - 12).

Résultats des essais de pompage effectués du 4 au 10.1.68 - S.C.G.A.L. E.N.S.G. - 5.2.68 - 7 p. - 6 ann.

FORBACH - A.E.P. de la ville. - S.C.G.A.L. - 12.64 - SIMLER L.

- Détermination des périmètres de protection des forages A.E.P. - S.C.G.A.L. - 9.65 - SIMLER L. et BOTH J.

- A.E.P. complémentaire de la ville. Nouveaux forages (implantation) S.C.G.A.L. - 10 et 11.65 - SIMLER L. et BOTH J.

GROSBLIEDERSTROFF. COM. (140 - 7 - 3).

- Recherche d'eau potable pour la commune de Grosbliederstroff (M) - B.R.G.M. - A 527 -11.5.50 - GUILLAUME L.

- Rapport de surveillance géologique. - B.R.G.M. - A 527 - 3.4.53 - GUILLAUME M.

- A.E.P. de la commune. - S.C.G.A.L. - 6.63 - SITTLER J.

GROSBLIEDERSTROFF HBL (140 - 7 - 4).

- Recherche d'eau pour la cité de la Centrale de Grosbliederstroff - HBL (F 221) - B.R.G.M. - A 526 - 18.6.51 - GUILLAUME L.

- Rapport de surveillance géologique du forage de Grosbliederstroff - B.R.G.M. - A 526 - 3.4.53 - GUILLAUME M. (A.S.P. Cité Roehling)

HABLAINVILLE (269 - 3 - 2).

Le forage d'Hablainville (M & M). Notes de surveillance géologique. - B.R.G.M. - A 586 - 14.1.54 - MINOUX G.

HAMPONT (195 - 6 - 25).

- Rapport préliminaire en vue de l'éxécution d'un forage au grès vosgien. Laiterie Gaillot à Hampont. - S.C.G.A.L. - 6.67 - BABOT Y., BOTH J. et SCHWOERER P.
- Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage au grès vosgien (Laiterie Ance - Gaillot). - S.C.G.A.L. - 9.68 - SIMLER L. et VANCON J.P.

HEMING (232 - 2 - 2).

-Projet d'alimentation en eau des usines de Heming. - 10.28 - GUILLAUME L.

- Etude hydrodynamique des G.I.T.- Forage de la cimenterie CPL de Heming. - S.C.G.A.L. - 4.68 - UNGEMACH P. et GARNIER J.L.

HOLACOURT (165 - 5 - 30).

Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage au Grès Vosgien de Holacourt (M). - S.C.G.A.L. - 15.4.71 - 15 p. - 5 ann. - MARTIN G.

HOMBOURG - HAUT (et F 29) (165 - 4 - 12 et 13).

Essais de pompage du 14 au 22.2.66 sur le forage n° 29 et le forage de Hombourg - Haut (HBL). - S.C.G.A.L. - 15.4.66 - BABOT Y. , DE SEZE R. et SIMLER L.

IMLING (232 - 3 - 1).

- Essai de pompage 1933 (non publié).
- Essai de pompage 1966. (non publié).
- Possibilités d'utilisation du forage d'Imling pour l'A.E.P. du Groupement d'urbanisme de l'Etang du Stock (25.10.67 - non publié).
- Possibilités d'utilisation du forage d'Imling pour l' A.E.P. du Groupement d'urbanisme de l'Etang du Stock. - S.C.G.A.L. - 31.8.71 - 7 p. - 2 ann.

KALHAUSEN (166 - 8 - 9).

- A.E.P. des communes de Kalhausen et Etting (M). Projet de forage au Grès Vosgien. - B.R.G.M. - A 727 - 28.12.54 - MINOUX G.

LANGUIMBERT (232 - 1 - 1).

Le forage dit " de Languimbert". Rapport final de surveillance géologique et hydrogéologique (1958 - 59). - B.R.G.M. - A 1500 - 3.8.59 - MINOUX G.

LEMBERG (non éxécuté).

Rapport géologique préliminaire en vue de l'éxécution d'un forage A.E.P. S.C.G.A.L. - 4.69 - BOTH J. et SIMLER L.

LIXING - les - ROUHLING (140 - 6 - 20).

Rapport géologique final. - S.C.G.A.L. - 23.7.62 - SITTLER J. et MILLOT G.

LONGEVILLE - les - SAINT AVOLD . F.C. (165 - 2 - 44).

- Le forage de Longeville - les - St - Avold. - B.R.G.M. - A 399 - 18.2.50 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

- Note géologique concernant les perturbations observées au forage de Longeville - les - St - Avold. - S.C.G.A.L. - 7.7.66 - DE SEZE R. et SIMLER L.

LONGWY (90 - 5 - 3).

-Observations sur le sondage de Longwy. - B.S.S.N., 3ème série, t. IX, fasc. 2, pp. 88-96, 1908, JOLY H.

Rapport sur l'eau des Recollets à Longwy - Bas. - 11 p. - Ed. FLEURY

LURE (443 - 1 - 1).

- Résultats stratigraphiques et hydrogéologiques du forage éxécuté dans le Trias à Lure (H.S.) en 1951-52. - CR SGF, 6ème série, t. VII, pp. 83-84, 1957. - GLANGEAUD L., MINOUX G. et RICOUR J.

LUTZELBOURG (233 - 1 - 1).

Le forage A.E.P. de Lutzelbourg (M). - B.R.G.M. - A 416 - 26.6.51 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

MARTIGNY - les - BAINS (338 - 5 - 1).

Résultats de l'essai de pompage effectué du 8 au 20.11.67. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau captée. - ENSG - S.C.G.A.L. - 16.1.68 8 p. - 5 ann.

MARIENAU (HBL F 238) (140 - 5 - 51).

HBL : Alimentation en eau de l'usine de Marienau. - B.R.G.M. A 425 - 5.6.51 - GUILLAUME L.

MEISENTHAL (167 - 6 - 1).

- Recherche d'A.E.P. pour les communes de Meisenthal et Soucht. - 6.49 et 8.51 - GUILLAUME L.

- Rapport géologique concernant les périmètres de protection du forage A.E.P. de Meisenthal et Soucht. - S.C.G.A.L. - 10.69 - BOTH J. et SIMLER L.

MERSCH (Luxembourg).

Le forage de Mersch. - Serv. Géol. Lux. - 7 p.- BINTZ J.

MERTEN (F. Bibling) (139 - 3 - 4).

-Note géologique sur l'utilisation du forage de Merten. - S.C.G.A.L. 12.57 - MILLOT G.

MERTEN (suite)

-A.E.P. de la commune. Implantation d'un nouveau forage. - S.C.G.A.L. 10.65 - BOTH J. et SIMLER L.

METZ (Stade Amos) (164 - 1 - 1).

Forage de Metz. Rapport final de surveillance géologique des travaux. B.R.G.M. - DSGR 66 A 5 - 15.12.65 - 19 p., 6 ann. - DE MAUTORT J., GUILLAUME M., MARCER J., et RENAUD J.C.

MONCEL - les - LUNEVILLE (169 - 1 - 3).

Le sondage de Moncel-les-Lunéville. - BSSNy. - n.s. n° 4-5, 1938, pp. 106-109, ROBAUX A.

MONDORF - les - BAINS (Luxembourg)

-Bericht über die geologischen Beobachtungen beim Niederteufen des Bohrloches Bad-Mondorf. Luxembourg. - 1913 - LUCIUS M.

-La genèse des eaux thermominérales de Mondorf-les-Bains. - BSN Lux. n° 1-2 - 1923 - LUCIUS M.

-Geologisches Gutachten über den Ursprung der Mondorfer Mineralquelle 1914 - 20 p., 1 tab., 1 ann., VAN WERVECKE L.

-Résultats de l'essai de pompage effectué du 30.1. au 5.3.68 - S.C.G.A.L. - 24.7.68 - MEILHAC A., GARNIER J.L. et SIMLER L.

MORHANGE (Sondage SNPA) (195 - 3 - 5).

Note sur la reprise éventuelle du Sondage SNPA de Morhange en vue de la reconnaissance et de l'exploitation des niveaux aquifères de la base du Trias. - B.R.G.M. - A 688 - 19.10.54 - MINOUX G. et RICOUR L.

MORSBACH F.C. (140 - 5 - 68).

-Rapport géologique d'implantation d'un forage pour la commune de Morsbach. - S.C.G.A.L. - 11.8.66 - DE SEZE R. et SCHWOERER P.

-Rapport final de surveillance hydrogéologique du forage A.E.P. au Grès Vosgien. - S.C.G.A.L. - 7.69 - BABOT Y., BOTH J. et SIMLER L.

MOULIN NEUF (165 - 3 - 45).

-A.E.P. du Syndicat de Macheren. Forage de Moulin Neuf. - S.C.G.A.L. 11.62 - MILLOT G. et SITTLER J.

-Interprétation d'un essai de pompage. - S.C.G.A.L. - 5.65 - GARNIER J.L. et SCHWOERER P.

NIEDERVISSE (139 - 6 - 39) (F.II)

-Recherche d'eau potable pour le Syndicat de Niedervisse-Obervisse - (M). Rapport final de surveillance géologique du forage de Niedervisse II. - B.R.G.M. - A 1240 - 11.12.57 - GUILLAUME M. et DE MAUTORT J.

NIEDERVISSE (suite)

-Note concernant les perturbations dans l'exploitation du forage de Niedervisse II. - S.C.G.A.L. - 3.65 - SUZANNE P.

-Rapport final d'essai de pompage sur le forage n° II. - S.C.G.A.L. 4.65 - SIMLER L. et SUZANNE P.

OETING (140 - 5 31 (F. 1)/ 32 (F.2)/ 33 (F.3)).

Essai de pompage sur le forage de la commune d'Oeting (M). -S.C.G.A.L. 16.6.66 - DE SEZE R. et SIMLER L.

PHALSBOURG (233 - 1 - 2 (F. Sud)/ 3 (F. Nord)).

-Possibilités d'A.E.P. de la base aérienne à Bourscheid. - S.C.G.A.L. 2.52 - DUBOIS G.

-A.E.P. de l'aérodrome de Phalsbourg (M). - B.R.G.M. - A 765 - 10.3.55 GUILLAUME M.

PHILIPPSBOURG (168 - 5 - 1).

Rapport final de surveillance géologique du forage pour l'A.E.P. de la commune. - S.C.G.A.L. - 10.65 - GARNIER J.L. et SCHWOERER P.

PORCELETTE (139 - 7 - 23 (Siv. 319)/ 69 (F.C.)).

-Le sondage dit de " Diesen" à Porcelette (M), (HBL) - 1946-48 - 15.11.51 - B.R.G.M. - A 231 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

-Forage de Porcelette. Rapport final de surveillance géologique. - S.C.G.A.L. - 3.65 - GARNIER J.L., SIMLER L. et SITTLER J.

PUTTIGNY (195 - 5 - 33).

-Rapport géologique préliminaire en vue de l'exécution d'un forage au Grès Vosgien. - S.C.G.A.L. - 10.68 - SIMLER L. et VANCON J.P.

-A.E.P. du Syndicat des eaux de Chateau - Salins. Rapport final de surveillance géologique du forage G.V. - S.C.G.A.L. - 12.69 - BABOT Y., BOTH J. et SIMLER L.

RAMBERVILLERS (305 - 2 - 1).

Résultats géologiques d'un sondage profond à Rambervillers (Vosges) - BSSN n.Ser. n° 9 - Nov. 1936 - pp. 193-195 - JOLY H.

RAPPENMUHL (233 - 1 - 7).

Rapport final de surveillance géologique du forage de Rappenmühl. Syndicat des eaux de Wintersbourg (M). - S.C.G.A.L. - 5.8.65 - BOTH J., SIMLER L. et SITTLER J.

RAVENEL (303 - 8 - 1).

-Deux regards nouveaux sur le substratum antetriasique à l'W des Vosges. Les forages de Ravenel et de Damblain. - BSGF (6), t. IV, pp. 515-523 1954 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

RAVENEL (suite)

Résultats de l'essai de pompage effectué du 27.11 au 5.12.67. - S.C. G.A.L. - E.N.S.G. - 11.1.68 - 6 p., 3 ann.

ROHRBACH - les - BITCHE (167 - 5 - 4).

-Utilisation de l'ancien forage du casernement militaire de Rohrbach les Bitche. - S.C.G.A.L. - 2.68 - BOTH J.

-Etude hydrodynamique de la nappe des Grès du Trias inférieur. - S.C.G.A.L. - 6.68 - MEILHAC A. et SIMLER L.

ROLBING (141 - 7 - 2).

A.E.P. de Rolbing. Essai de pompage effectué du 7 au 12.5.68. - S.C. G.A.L. - 6.68 - MEILHAC A. et SIMLER L.

SAINT - AVOLD 1 et 2 (165 - 3 - 47 (F.1)/ 48 (F.2)/ 46 (F.3)/ 68 (F.16)).

Forages 1 et 2 d'A.E.P. de la ville de Saint - Avold. Structure et protection de ces ouvrages. - B.R.G.M. A 789 - 19.4.55 - MINOUX G.

SAINT - AVOLD n° III (165 - 3 - 46).

Ville de Saint -Avold (M). Le forage communal n° III d'A.E.P. Données d'exécution. Protection de l'ouvrage. - B.R.G.M. - A 567 - 1.10.53 - MINOUX G.

SAINT CLEMENT (269 - 2 - 4).

Observations sur la stratigraphie du Trias Lorrain. Forage de St Clément (M & M). - Bull. Soc. Sc. Nancy n° 9 bis, n.s. 1938 - CR 1er Congrès lorrain Soc. sav. Est-Fr., t. II, pp. 173-178, 1938, GUILLAUME L.

SARREBOURG - UNICOLAIT (232 - 3 - 5).

-Projet d'exécution d'un forage G.V. pour l'alimentation en eau des Etablissements Unicolait. - S.C.G.A.L. - 6.66 - SCHWOERER P.

-Rapport final de surveillance géologique. - S.C.G.A.L. - 5.68 - GARNIER J.L. et SCHWOERER P.

SARREGUEMINES - ABATTOIR (166 - 3 - 66).

-Rapport géologique préliminaire relatif au projet d'exécution d'un forage au G.V. pour l'abattoir municipal. - S.C.G.A.L. - 6.67 - SCHWOERER P.

-Aménagement du forage de l'abattoir. - S.C.G.A.L. - 6.70 - BABOT Y.

SARREGUEMINES A.E.P. Ville I/ II/ III/ IV/ V/ Ib/ IIb/

(166 - 4 - 3/ 4/ 5/ 6/ 7/ 11/ 13 /

-Projet d'A.E.P. de la ville de Sarreguemines. - 9.29 - GUILLAUME L.

-Surveillance géologique du forage pour la ville de Sarreguemines. - 1.31 - GUILLAUME L.

SARREINSMING (Communal) (166 - 4 - 2).

-Recherche d'eau potable pour les communes de Sarreinsming et Remelfing (M). - B.R.G.M. - A 441 - 13.7.49 - GUILLAUME L.

-Le forage de Sarreinming. Rapport de surveillance géologique. - B.R.G.M. - A 441 - 18.2.52 - GUILLAUME L. et GUILLAUME M.

-Etude sur le comblement du forage A.E.P. de Sarreinsming. - S.C.G.A.L. 1.64 - SITTLER J.

SIERSTHAL (167 - 6 - 4).

-Implantation d'un forage au GV pour l'A.E.P. de Siersthal et Lambach. S.C.G.A.L. - 1.60 - MILLOT G.

-Rapport hydrogéologique final. Forage de Lambach. - S.C.G.A.L. - 3.63 MILLOT G. et SITTLER J.

SPICHEREN (140 - 6 - 14).

-Recherche d'eau potable pour la commune de Spicheren. - B.R.G.M. - A 435 - 2.7.51 - GUILLAUME L. et MINOUX G.

STEINBACH (Sarreguemines) (166 - 3 - 4).

-A.E.P. de l'hôpital psychiatrique de Steinbach près de Sarreguemines (M). - B.R.G.M. - A 1519 - 29.9.59 - MINOUX G.

-Résultats de l'essai de pompage effectué les 7 et 8.5.68. - S.C.G.A.L. 15.7.68 - MEILHAC A. et SIMLER L.

TETERCHEN (139 - 2 - 107).

Rapport final de surveillance géologique du forage de Teterchen (Dalem3) S.C.G.A.L. - 6.68 - BOTH J. et SIMLER L.

TOMBLAINE (230 - 6 - 113).

Contrôle géologique de la réalisation du nouveau forage de Tomblaine. - ENSG Nancy - 24.6.68 - DAGUE Ph.

TROIS - FONTAINES (232 - 8 - 2).

-Projet de renforcement de l'A.E.P. de la commune. - S.C.G.A.L. - 6.65 SCHWOERER P.

-Forage A.E.P. Rapport de chantier. - S.C.G.A.L. - 6.67 - BABOT Y., BOTH J. et SIMLER L.

VALMONT I Siv. 397 (165 - 3 - 55).

Description détaillée de la série triasique du sondage de Valmont I près de St - Avold (M). - B.R.G.M. - A 1319 - 12.5.58 - RICOUR J. et DE MAUTORT J.

VARSBERG HBL Siv. 157 (139 - 6 - 26).

Le sondage de Varsberg HBL. - B.R.G.M. - 25.2.52 et 7.4.56 - A 266 - MINOUX G. et GREBER Ch.

VARSBERG - MOULIN BAS (139 - 6 - 30).

Le sondage de Varsberg Moulin Bas. Commune de Varsberg (M). - B.R.G.M. A 264 - 12.11.51 - FABRE J., GREBER Ch. et MINOUX G.

BASSE - VIGNEULLES (165 - 1 - 19).

-Rapport hydrogéologique concernant la mise en service du forage de Basse - Vigneulles. - S.C.G.A.L. - 12.67 - DE SEZE R. et SIMLER L.

-Résultats de l'essai de pompage du 16 au 25.1.69 - S.C.G.A.L. - 4.69 BOTH J. et SIMLER L.

WITTRING I et II (166 - 4 - 10 et 8)
I et II

A.E.P. du Syndicat des eaux de Sarralbe - Wittring (M). Les forages de Wittring I et II. Enquête hydrogéologique règlementaire. - B.R.G.M. - A 666 - 16.7.54 - MINOUX G.

WORMELLANGE (Luxembourg).

Puits de la cave coopérative de Wormellange (Coupe géologique. Essais de débit. Chimie eau). - Luxembourg - Avril 1966.

ZETTING (166 - 4 - 12).

A.E.P. des communes de Zetting, Wisviller et Woelfling (M). - B.R.G.M. A 1525 - 6.10.59 - MINOUX G.

==========

IV. CARTES GEOLOGIQUES CONSULTEES.

1.000.000ème

+ FRANCE NORD - EST.

600.000ème

+ GEOLOGISCHE ÜBERSICHTKARTEN VON SÜDWESTDEUTCHLAND.

500.000ème

+ HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHTKARTE - BLATT KARLSRUHE.

320.000ème

+ DIJON
+ METZ
+ MEZIERES
+ STRASBOURG - MULHOUSE

200.000ème

+ ALSACE - LORRAINE
+ LANDAU
+ PFALZBURG (PHALSBOURG)
+ SAARBRÜCKEN

80.000ème

+ CHATILLON
+ COLMAR
+ COMMERCY
+ EPINAL
+ DIJON
+ GRAY
+ LANGRES
+ LUNEVILLE
+ LURE
+ METZ
+ MIRECOURT
+ MULHOUSE
+ NANCY
+ SARREBOURG
+ SARREGUEMINES
+ SAVERNE
+ STRASBOURG
+ WISSEMBOURG

50.000ème

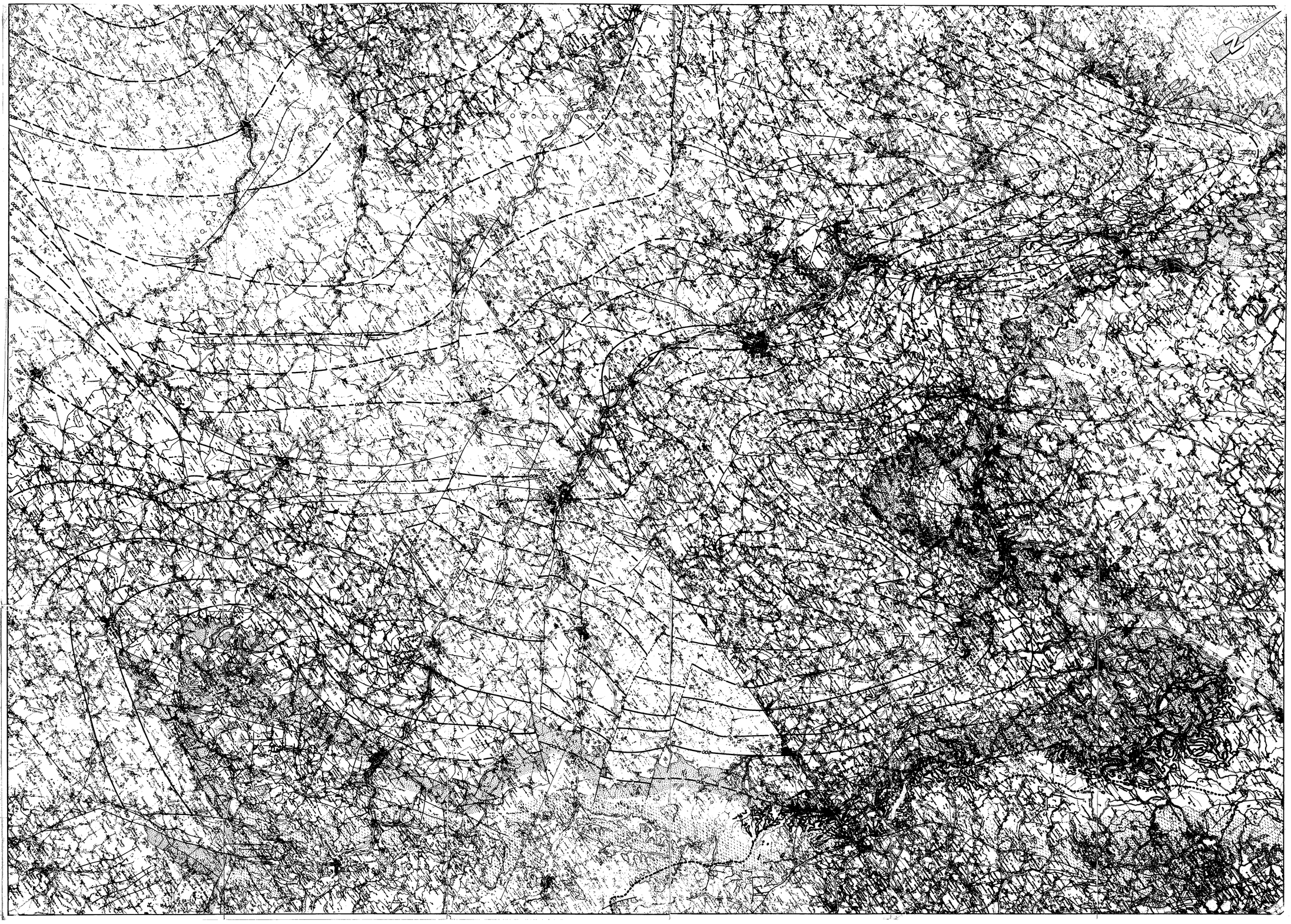
+ BELFORT
+ RITCHE - WALSCHBRONN
+ BOULAY
+ BRIEY
+ CHAMBLEY
+ CHATEAU - SALINS
+ FORBACH
+ LONGWY - AUDUN-le-ROMAN
+ LUXEUIL - LES - BAINS
+ NANCY
+ PLOMBIERES - LES - BAINS
+ PONT-A-MOUSSON
+ SAAR
+ SAINT - AVOLD
+ SARREBOURG

.../...

+ SARREGUEMINES
+ SARRE - UNION
+ THIONVILLE - WALDWISSE
+ UCKANGE

25.000ème

+ BITSCH (BITCHE)
+ BLIESBRUCKEN
+ BOLCHEN (BOULAY)
+ BUSCHWEILER (BOUXWILLER)
+ BUSENDORF (BOUZONVILLE)
+ DAGSBURG (DABO)
+ DIEMERINGEN
+ FALKENBERG (FAULQUEMONT)
+ FORBACH
+ GERSHEIM
+ GROSS REMMERSDORF (WALDWISSE)
+ KLEINBLITTERSDORF
+ LEMBACH
+ LUBELN (LONGEVILLE)
+ LUDWEILER
+ LUTZELHAUSEN
+ LUTZELSTEIN (LA Pte PIERRE)
+ MERZIG
+ MONNEREN
+ NIEDERBRONN
+ PFALZBURG
+ ROHRBACH
+ ROPPWEILER
+ SAALES
+ SAARBRÜCKEN
+ SAARBURG (SARREBOURG)
+ SAAREINSBERG
+ SAARGEMUND (SARREGUEMINES)
+ SAINT -AVOLD
+ SCHIRMECK
+ SIERCK
+ STURZELBRONN
+ WEISSENBURG (WISSEMBOURG)
+ WOERTH
+ WOLMUNSTER (VOLMUNSTER)
+ ZABERN (SAVERNE)



Annexe 1

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN-MEUSE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE
DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES
DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

CARTE DES ISOHYPSES DU TOIT DES G.I.T.

ECHELLE 1/200 000

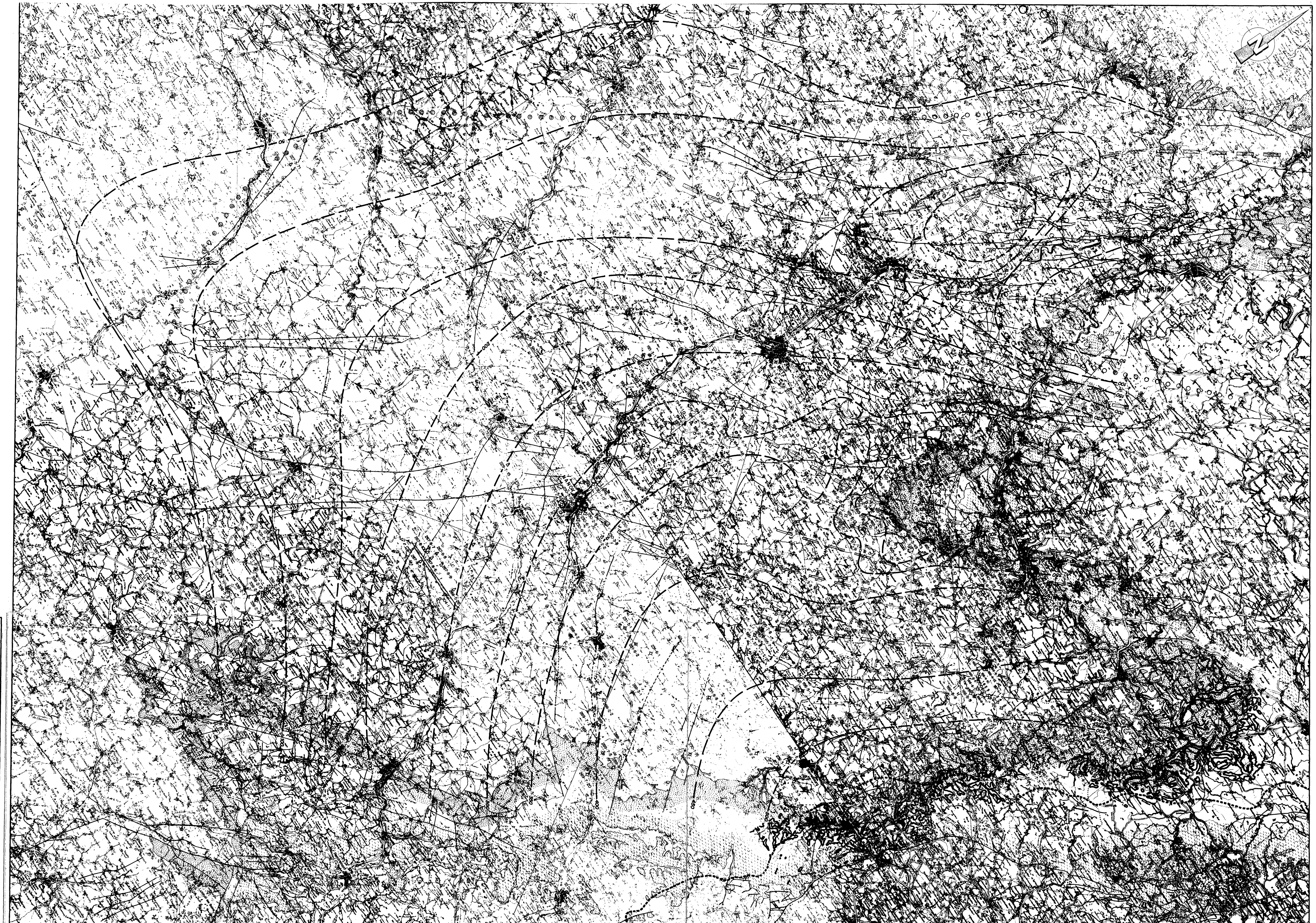
B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

LEGENDE

- Sous couverture de Muschelkalk
- Conglomérat principal
- Sur le socle antétriasique ou le long des failles rhénanes
- Limite d'affleurement des G.I.T.
- Faille
- Ligne de partage des eaux superficielles Rhin-Moselle
- Extension probable du faciès Grès Vosgien
- 194-5-1 Sondage charbon
- 267-8-9 Sondage pétrolier
- 374-3-5 Sondage de reconnaissance
- 269-7-2 Forage d'eau
- et son numéro B.R.G.M.
- 150 Courbe isohypse et sa cote (mètres)

NR 1343-1 18.4.72.



Annexe 2

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN - MEUSE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

CARTE DES ISOPACHES DES G.I.T.

ECHELLE 1/200 000

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

LEGENDE

Symbole	Signification	
	Sous couverture de Muschelkalk	Limite d'affleurement des G. I. T.
	Conglomérat principal	
	Sur le socle antétriasique ou le long des failles rhénanes	
	Faille	
	Ligne de partage des eaux superficielles Rhin - Moselle	
○ ○ ○	Extension probable du faciès Grès Vosgien	
○ 194-5-1	Sondage charbon	et son numéro B.R.G.M.
Δ 267-8-9	Sondage pétrolier	
374-3-5	Sondage de reconnaissance	
269-7-2	Forage d'eau	
150	Courbe isopache (mètres)	

B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

N° 1563-2 18.4.72.

Annexe 3

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN-MEUSE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

COUPES STRUCTURALES DES G.I.T.

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

ECHELLES { HORIZONTALE 1/200 000
VERTICALE 1/20 000

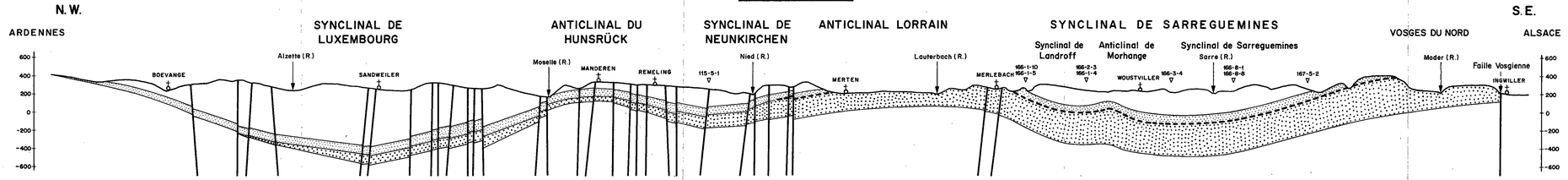
LEGENDE

- Grés bigarés supérieurs { Grès à Voltzia / Couches intermédiaires
- Conglomérat principal
- Grès Vosgiens
- 166-2-3 ▽ MERTEN — Sondage (ou forage) et son numéro B.R.G.M.
- Agglomération
- Moselle (R.) — Rivière ou ruisseau

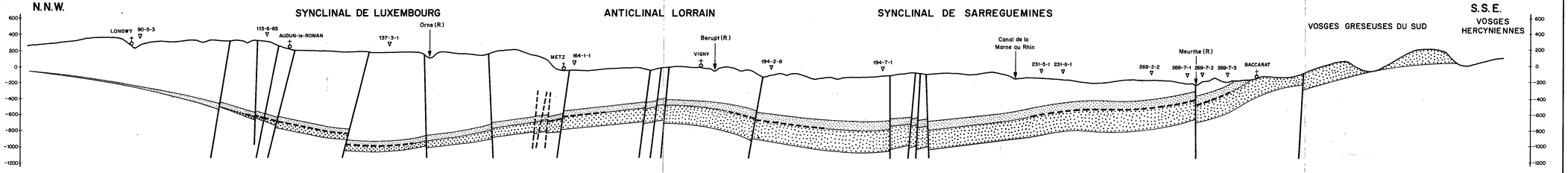
B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

N° 1563-3 16. 4. 72.

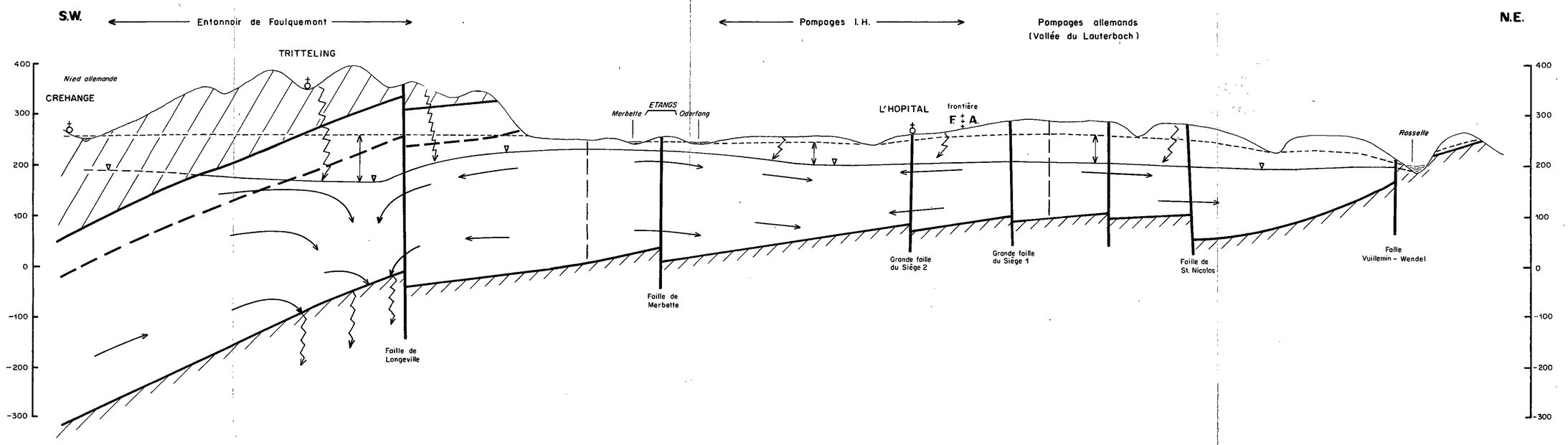
COUPE 1



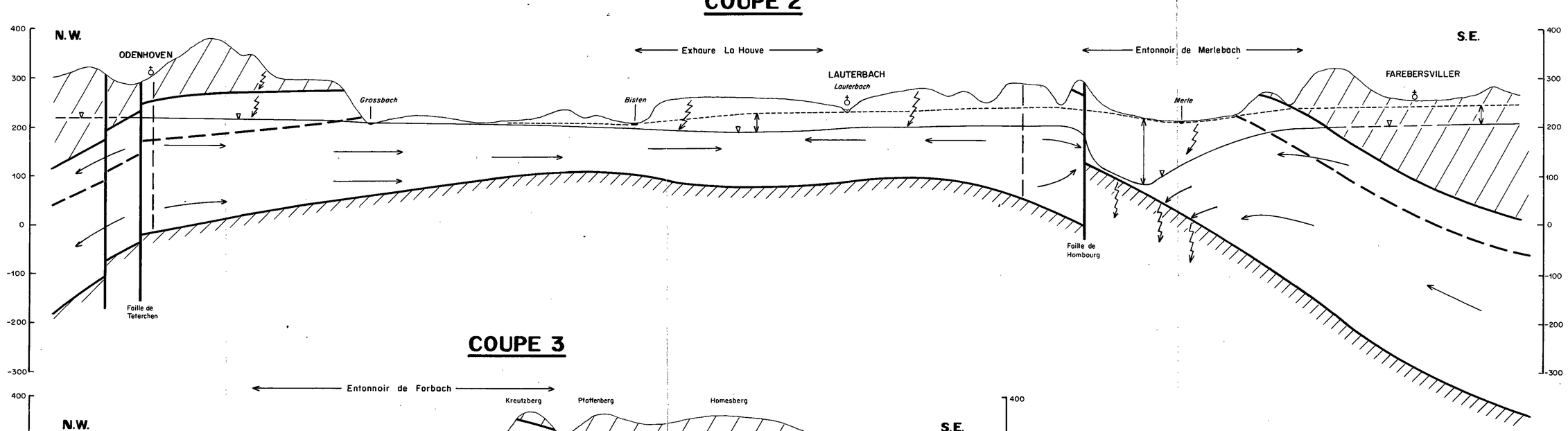
COUPE 2



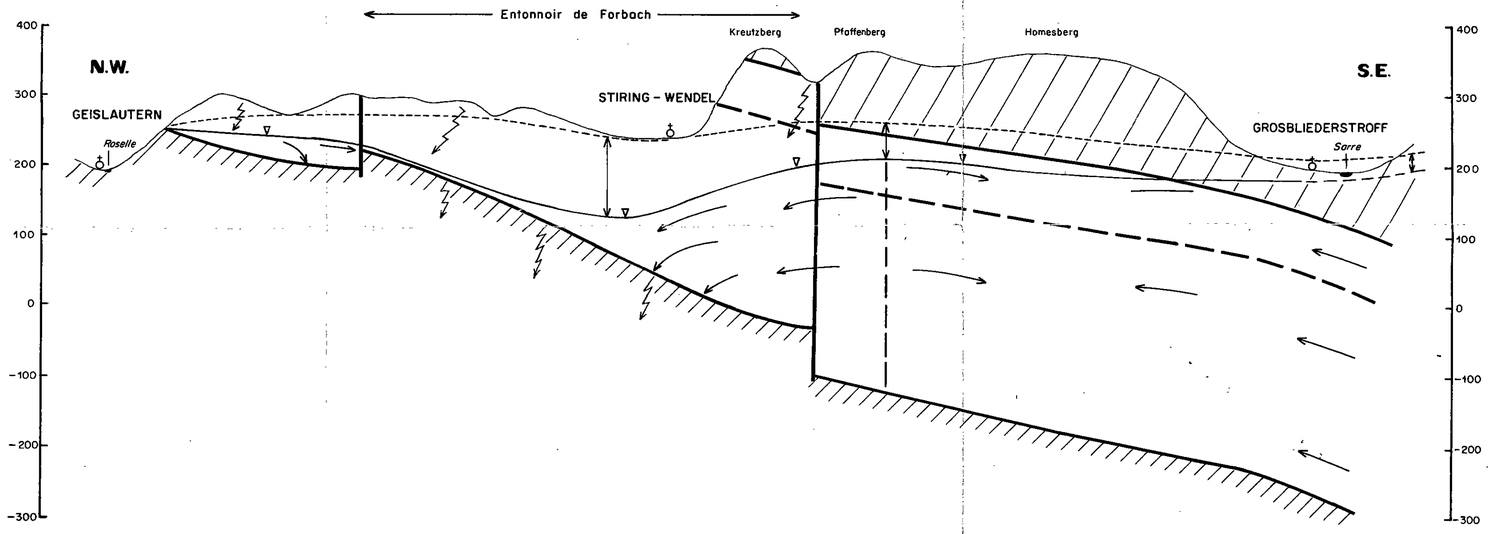
COUPE 1



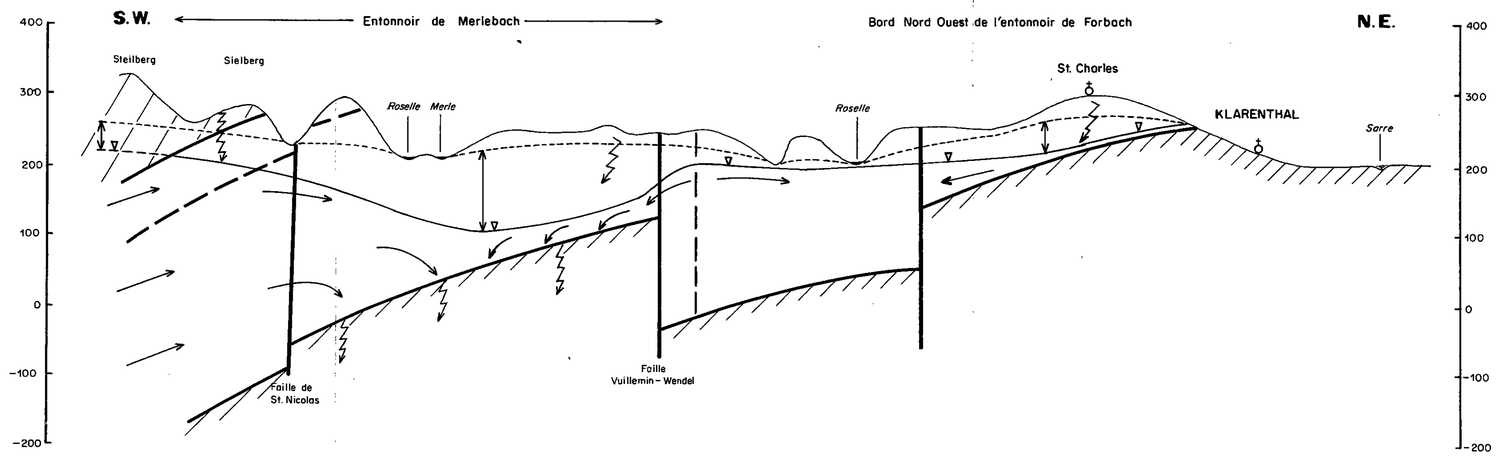
COUPE 2



COUPE 3



COUPE 4



Annexe 3

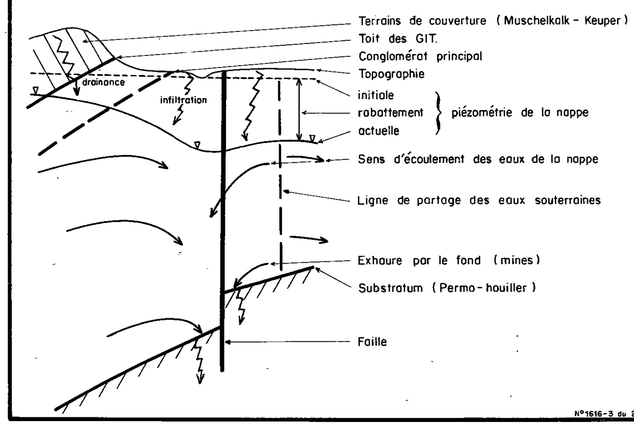
AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN - MEUSE

ETUDE PAR MODELE MATHEMATIQUE
DE LA NAPPE DES GRES INFRATRIASIQUES
SECTEUR DES H.B.L.

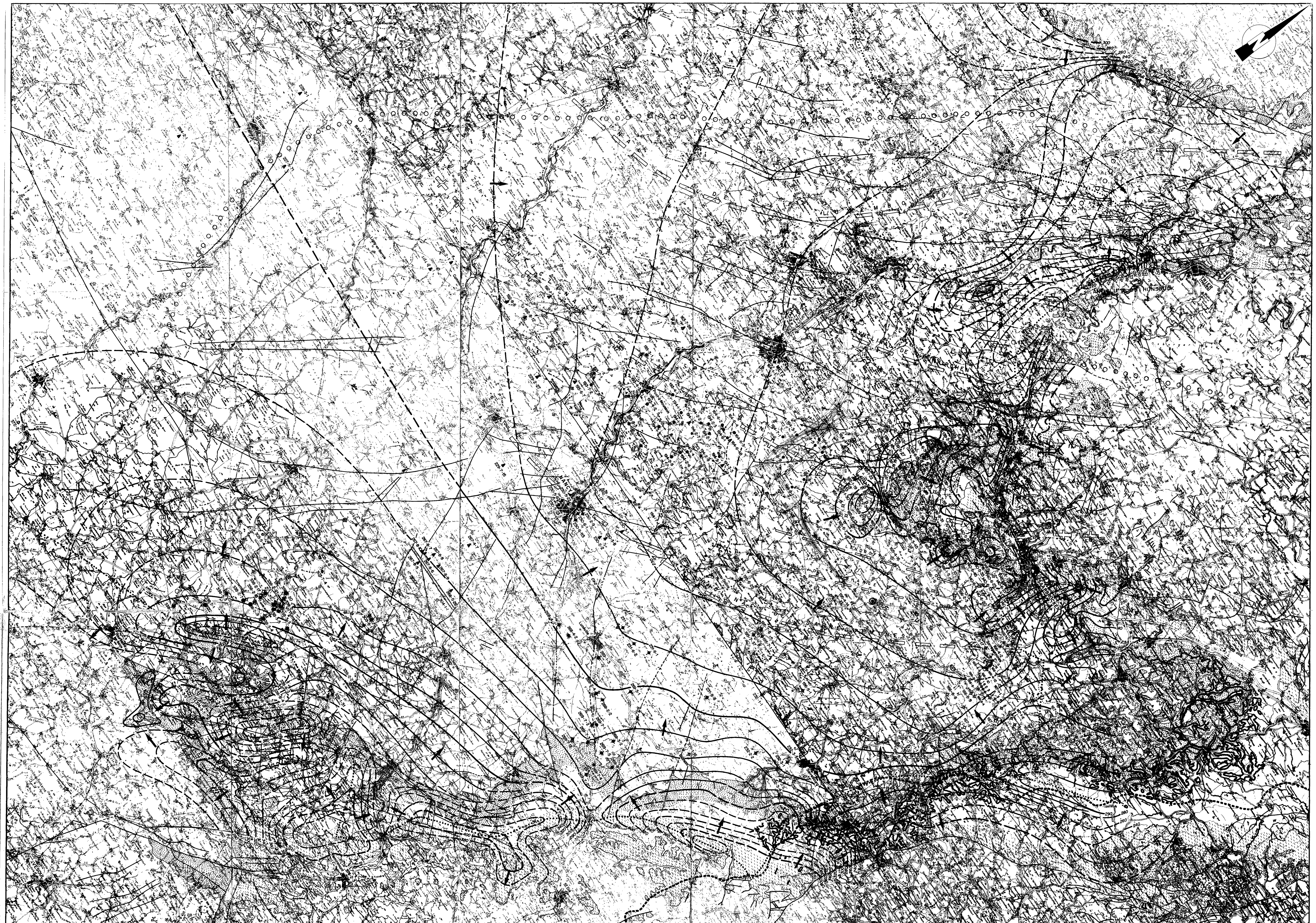
COUPES HYDROGEOLOGIQUES

ECHELLES horizontale 1/50000
verticale 1/5000

LEGENDE



N°1616-3 du 21-9-1972



Annexe 4

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN - MEUSE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

CARTE DES ISOPIEZES DE LA NAPPE DES G.I.T.

ECHELLE 1/200 000

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

LEGENDE

- Limite d'affleurement des G.I.T. :
  - Sous couverture de Muschelkalk
  - Conglomérat principal
  - Sur le socle antétriasique ou le long des failles rhénanes
- Faille
- Ligne de partage des eaux superficielles Rhin - Moselle
- Extension probable du faciès Grès Vosgien
- et son numéro B.R.G.M. :
  - 194-5-1 Sondage charbon
  - 267-8-9 Sondage pétrolier
  - 374-3-5 Sondage de reconnaissance
  - 269-7-2 Forage d'eau
- 250 / 240 Courbes isopiézes et leurs cotes
- Ligne de partage des eaux souterraines
- Sens d'écoulement de la nappe

B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

1563-4 18.4.72.

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

ANNEXE 5

FORAGES CAPTANT L'AQUIFERE DES G.I.T.

TABLEAU DES DONNEES HYDRODYNAMIQUES

Sur ce tableau sont reportés :

- Le N° B.R.G.M. : numéro d'identification national des points d'eau, composé
  - du numéro de la feuille IGN au 1/50.000
  - du numéro du huitième de cette feuille
  - du numéro d'ordre du point d'eau dans ce huitième.

- Le nom du forage.

- L'épaisseur d'aquifère captée :
  - épaisseur de Grès bigarrés supérieurs (GB)
  - épaisseur de Conglomérat principal et Grès vosgien (CP + GV)
  - épaisseur totale.

- Le débit spécifique (q) exprimé en 10^{-3} m^2/s (égal à 1 l/s/m) déterminé à partir de la courbe caractéristique de pompage du forage.

- La transmissivité (T) exprimée en 10^{-3} m^2/s, déterminée par l'interprétation en régime transitoire d'un pompage d'essai sur le forage.

- La perméabilité (K) exprimée en 10^{-5} m/s, calculée par la relation $K = \frac{T \text{ (ou à défaut } q)}{\text{Epaisseur captée (totale)}}$

- La profondeur maximale atteinte par le forage.

- La situation des G.I.T. au droit du forage
  - A : en affleurement
  - C : sous couverture.

B. R. G. M.
S. G. R. / LORRAINE - NANCY
Bibliothèque N° K/30

N.B.: Les valeurs placées entre parenthèses sont peu sûres.

ANNEXE 5

TABLEAU DES DONNEES HYDRODYNAMIQUES

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	$10^{-3} m^2/s$	$10^{-3} m^2/s$	$10^{-5} m/s$	(m)	A/C
Luxembourg	Mondorf (Kind)	80	152	232	0,7	0,9	0,4	712	C
137 - 3 - 1	Bois Chaté	67	77	141	(0,2)		(0,14)	1100	C
141 - 7 - 1	Rolbing	28	15	43	1,4	1,15	2,7	53	A
141 - 8 - 1	Waldhouse		49	49	10		20	59	A
164 - 1 - 1	Metz - Stade Amos	49	122	171	1,6	2,0	1,2	620	C
166 - 3 - 4	Hopital Steinbach	16	59	75	0,55	0,75	0,8	329	C
166 - 4 - 1	Folpersviller 1	50		50	0,7		1,4	215	C
166 - 4 - 2	Sarreinsming F.C.	12	37	49	0,55		1,1	265	C
166 - 4 - 8	Wittring II	17	39	56	1,2		1,9	250	C
166 - 4 -10	Wittring I	21	18	39	1,6		4,1	226	C
		21	4	25	0,91		3,6	214	C
166 - 4 -12	Zetting	44	11	55	0,75		1,4	250	C
166 - 8 - 1	Achen - A5	20	24	44	0,76		1,7	300	C
166 - 8 - 2	Achen - B6	23	18	41	0,56		1,4	290	C
166 - 8 - 4	Achen - D8	28	22	50	0,32		0,64	300	C
166 - 8 - 5	Wittring-WR1	34	10	44	0,44		1,0	300	C
166 - 8 - 6	Achen - Ht Poirier	34	31	65	1,5		2,3	333	C
166 - 8 - 7	Achen - Casernement	34	39	75	0,22		0,3	280	C
166 - 8 - 8	Oermingen	26	26	52	(2,5)	0,8	1,6	290	C
166 - 8 - 9	Kalhausen	45	23	68	0,55		0,8	250	C
167 - 1 - 2	Bettwiller F10	33	23	56	1,8		3,2	186	C

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
167 - 1 - 3	Casemate Singling	21	35	56	0,42		0,75	300	C
167 - 1 - 4	Gros Rederching-Welschoff.	20	35	55	0,81		1,45	305	C
167 - 2 - 1	Hottwiller		35	35	6,2	4,5	13	45	A
167 - 2 - 2	Volmunster		50	50	1,9		3,8	60	A
167 - 2 - 4	Siersthal (Frohmühl)		45	45	0,4		0,9	61	A
167 - 3 - 1	Lengelsheim	12	33	45	0,92		2,0	55	A
167 - 3 - 2	Siersthal (Abri 38)		20	20	0,1		0,5	141	A
167 - 3 - 5	Siersthal (Cp. Legeret)		40	40	0,21		0,52	170	A
167 - 3 - 9	Scharbach		30	30	4,7		1,6	45	A
167 - 4 - 1	Haspelschiedt		38	38	1,25		3,3	48	A
167 - 4 - 2	Roppewiller		30	30	3,0		10	40	A
167 - 5 - 1	Bining-les-Rohrbach	17	83	100	0,35	0,7	0,7	220	C
167 - 5 - 2	Rahling	43	70	113	0,3	0,48	0,42	180	C
167 - 5 - 4	Rohrbach-les-Bitche	20	40	60	0,35		0,58	160	C
167 - 6 - 1	Meisenthal F.C.		50	50	0,35		0,7	60	A
167 - 6 - 2	Soucht		60	60	0,25		0,42	98	A
167 - 6 - 4	Lambach (Siersthal)		45	45	0,25	0,15	0,33	60	A
167 - 6 - 5	Enchenberg	5	75	80	0,58	1,0	1,25	81	A
167 - 7 - 1	Goetzenbrück		20	20	1,1		5,5	50	A
167 - 7 - 2	Bitche F.C.		32	32	9,5	8,5	19	47	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
167 - 8 - 1	Baerenthal		50	50	1,0	3,8	7,6	53	A
195 - 3 - 5	Morhange LMo1	63	37	100	1,0	2,1	2,1	2670	C
195 - 5 -33	Puttigny		239	239	1,2	3,8	1,6	850	C
195 - 6 -25	Hampont		238	238	1,0	2,5	1,1	850	C
195 - 7 - 8	Dieuze Kuhlmann	16	211	227	1,3	2,8	1,2	702	C
195 - 7 -37	Dieuze F.C.		250	250	1,25	2,8	1,1	820	C
196 - 4 -21	Voellerdingen			(31)	0,42		(1,3)	229	C
196 - 5 - 1	Bisping	43		43	0,2		0,46	405	C
196 - 6 - 1	Berthelming	46	29	75	0,46		0,61	300	C
230 - 1 -17	Champigneulles	7	80	87	1,4		1,6	832	C
230 - 2 - 9	Essey-les-Nancy	6	36	42	(1,4)		(3,3)	641	C
230 - 5 -63	Nancy Thermal 3		120	120	(1,4)		(1,2)	924	C
230 - 6 - 1	Tomblaine 1			50	1,1		2,2	619	C
230 - 6-113	Tomblaine 2		90	90	2,2	(7,3)	(8,1)	808	C
231 - 5 - 1	Einville au Jard		70	70	1,0	3,5	5,0	484	C
231 - 8 - 8	Moussey			57	0,41	1,0	1,8	340	C
232 - 1 - 1	Languimberg	60	141	201	0,55	1,2	0,57	601	C
232 - 2 - 2	Heming (Portland)	(82)	(90)	172	0,4	0,42	0,25	330	C
232 - 3 - 1	Imling	52	118	170	0,8	1,5	0,88	277	C
232 - 3 - 2	Reding	49	159	208	0,58	1,0	0,48	300	C
232 - 3 - 4	Hesse F.C.	35	170	205	0,18		0,09	300	C
232 - 3 - 5	Unicoolait		153	153	0,28	0,35	0,23	325	C
232 - 8 - 1	Plaine de Walsch	9	76	85	0,1	0,7	0,82	100	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
232 - 8 - 2	Trois Fontaines		77	77	1,8	2,0	2,6	?	A
268 - 4 -2'	Blainville sur l'eau			?	1,4		?	320	C
269 - 1 - 3	Moncel-les-Lunéville			(130)	1,8		(1,4)	380	C
269 - 2 - 2	Chenevières	37	50	87	6,0	6,3	7,3	380	C
269 - 2 - 4	St. Clément	9	12	21	1,5		7,1	319	C
269 - 3 - 1	Manonviller		74	74	2,3		3,1	410	C
269 - 3 - 2	Hablainville	50	90	(140)	0,72		(0,51)	340	C
269 - 7 - 2	Flin	70	6	(76)	0,19		(0,25)	260	C
269 - 7 - 3	Glonville	69	17	(86)	0,14		(0,16)	135	C
269 - 7 -12	Fontenoy-la-Joute		51	51	0,4	1,0	2,0	181	C
270 - 1 -16	Blamont		76	76	1,2	6,0	7,9	243	C
303 - 8 - 1	Ravenel	18	144	162	1,35		0,83	600	C
304 - 3 -11	Charmes		67	67	0,4	0,3	0,6	300	C
338 - 1 - 8	Bulgnéville	18	36	54	0,76		1,4	3	C
338 - 2 - 8	Contrexeville 3	16	27	43	0,39		0,91	179	C
338 - 2 -16	Noroy sur Vair SGEM Vittel	44	54	98	0,57		0,58	290	C
338 - 2 -17	Outrancourt	25	55	80	0,36		0,45	258	C
338 - 2 -18	Contrex SEM 2	34	38	72+12P* = 84	0,59		0,7	226	C
338 - 2 -19	Contrexeville 2	31	27	58	0,42		0,72	170	C
338 - 2 -20	SGEM Vittel	39	56	95	0,38		0,4	266	C
338 - 2 - ?	Contrexeville	25	45	70	0,64	1,4	2,0	235	C

* 12 m de Grès permien

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
338 - 3 - 3	Vittel 3	48	39	87	0,35	0,7	0,81	213	C
338 - 3 - 4	Vittel 6 Lignéville	13	40	53	0,7		1,3	173	C
338 - 3 - 5	Vittel 5	25	62	87	0,5		0,57	330	C
338 - 5 - 1	Martigny-les-Bains	34	3	37	0,5	0,86	2,3	170	C
338 - 5 - 2	Lamarche	16		16	0,25		1,6	139	C
338 - 5 - 3	Crainvilliers	23	24	47	0,62		1,3	239	C
339 - 8 - 1	Xertigny		27	27	0,07		0,26	31	A

Valeurs mesurées de S (Coefficient d'emmagasinement)

Secteur	Forage pompé - Piézomètre	Valeur de S	A/C
Mondorf	Kind - Adelaïde	$0,8.10^{-4}$	C
Nancy	Tomblaine - Essey-les-Nancy	$0,9.10^{-4}$	C
Hombourg	Hombourg Ht. F 29	$1,6.10^{-3}$	A
Freyming	Ensemble de piézomètres de la carrière de Grès vosgien	3 à 8.10^{-3}	A
Arzwiller	Ensemble de piézomètres du plan incliné	$1,2.10^{-3}$	A

TABLEAU DES DONNEES HYDRODYNAMIQUES

SECTEUR DES H.B.L.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
139-1-10 *	Bouzonville		55	55	0,19		0,35	255	C
139-2-31	Dalem 1		106	106	1,25		1,17	120	C
139-2-32	Falck-Village		70	70	3,1		4,4	94,5	A
139-2-54 *	Dalem 2		100	100	0,7	0,76	0,76	120	C
139-2-107	Dalem 3 (Teterchen)		105	105	1,6	2,3	2,2	170	C
139-3- 4 *	Merten-Bibling		99	99	3,5	3,4	3,4	100	A
139-6-30 *	Varsberg-Moulin-Bas		(110)	(110)	2,2		(2,0)	120	A
139-6-34 *	Coume 1		79	79	1,9		2,4	80	A
139-6-35 *	Falck (Terrain de sport)		33	33	2,0		6,1	50	A
139-6-37	Falck SNCF 1		51,5	51,5	1,2	3,0	6,0	64	A
139-6-39 *	Obervisse Niedervisse 2		70	70	0,55	0,57	0,82	220	C
139-6-49	Coume 2		36	36	1,9		5,3	42	A
139-7-27 *	Creutzwald FC3		55	55	2,8	3,0	5,5	60	A
139-7-31	St.Avold F204		88	88	5,2		5,9	98	A
139-7-32	" " F205		84	84	6,7		8,0	100	A
139-7-33	Diesen FC		43	43	0,45		1,05	60	A
139-7-34	Carling F214		85	85	3,2		3,8		A
139-7-35	L'Hopital F225		72	72	1,6		2,2	100	A
139-7-36	Carling F226		79	79	1,3		1,6	110	A
139-7-37	Porcelette F212		86	86	1,6		1,9	120	A
139-7-38	Porcelette F236		131	131	3,7		2,8	150	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q 10^{-3} m²/s	T 10^{-3} m²/s	K 10^{-5} m/s	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale				(m)	A/C
139-7-39	Diesen F213		83	83	1,8		2,2	118	A
139-7-40	St. Avold 230		83	83	6,2		7,5	110	A
139-7-41	" " 206		87	87	5,8		6,7	112	A
139-7-42	" " 207		88	88	5,2		5,9	118	A
139-7-43	" " 208		89	89	1,15		1,3	125	A
139-7-44	" " 209		94	94	1,1		1,2	130	A
139-7-46	Porcelette 210		90	90	2,1		2,3	112	A
139-7-47	St. Avold 235		103	103	2,7		2,6	120	A
139-7-48	" " 219		79	79	3,6		4,5	105	A
139-7-49	" " 201		83	83	3,2		3,9	92	A
139-7-50	Porcelette 237		143	143	3,0		2,1	150	A
139-7-51	Carling 240		101	101	2,1	1,8	2,1	150	A
139-7-52	Porcelette 211		92	92	3,9		4,2	114	A
139-7-53	St. Avold 223		71	71	3,2		4,4	100	A
139-7-54	L'Hopital 217		90	90	3,5		3,9	94	A
139-7-55 *	Diesen 239		73	73	1,7	2,0	2,7	150	A
139-7-56	St. Avold 215		91	91	8,4		9,2	97	A
139-7-57	" " 216		91	91	6,0		6,6	96	A
139-7-58 *	L'Hopital 202		79	79	2,6		3,3	89	A
139-7-59	St. Avold 231		73	73	9,3		13,0	110	A
139-7-61	Creutzwald La Houve Puits 5		152	152	2,9		1,9	169	A
139-7-62	Creutzwald F28		93	93	1,5		1,6	110	A
139-7-63	Creutzwald F26		73	73	1,5		2,05	101	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q 10^{-3} m²/s	T 10^{-3} m²/s	K 10^{-5} m/s	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale				(m)	A/C
139-7-64	Diesen Cité		24	24	1,1		4,6	51	A
139-7-66	Porcelette Vernejoul		87	87	2,1		2,4	100	A
139-7-67	Creutzwald F1 La Houve 1		55	55	0,71		1,3	80	A
139-7-68	Creutzwald Hopital		70	70	1,4		2,0	102	A
139-7-69 *	Porcelette FC		67	67	1,7		2,5	71	A
139-7-70	Creutzwald F2 La Houve 1		59	59	0,55		0,93	80	A
139-8-14	St. Avold F11		57	57	2,9		5,1	60	A
139-8-15	" " 12		65	65	4,2		6,4	69	A
139-8-17	" " 9		58	58	2,5		4,3	61	A
139-8-18	" " 8bis		59	59	1,9		3,2	67	A
139-8-19	" " 8		59	59	3,5		5,9	75	A
139-8-20	" " 2		69	69	1,2		1,7	75	A
139-8-21	" " 6		(50)	(50)	1,4		(2,8)	60	A
139-8-22	" " 7		71	71	2,5		3,5	92	A
139-8-23 *	Freyming 18		94	94	0,5		0,53	100	A
139-8-24	" 19		96	96	2,3		2,4	100	A
139-8-25	" 20		94	94	3,2		3,4	100	A
139-8-26	" 21		88	88	1,15		1,3	100	A
139-8-27 *	" 22		88	88	0,26		0,30	100	A
139-8-28	St. Avold 24		73	73	2,7		3,7	114	A
139-8-29	" " 23		74	74	2,4		3,2	107	A
139-8-30	Freyming 27		83	83	0,6		0,72	100	A
139-8-31 *	L'Hopital 16 Winborn		98	98	2,6	2,6	2,6	100	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q 10^{-3} m²/s	T 10^{-3} m²/s	K 10^{-5} m/s	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale				(m)	A/C
139-8-32	St. Avold 17		86	86	2,3	2,6	3,0	100	A
139-8-33	" " 3		33	33	2,1		6,3	41	A
139-8-34	" " 5		69	69	2,8		4,1	80	A
139-8-35	Freyming 1		90	90	1,3		1,45	92	A
139-8-36	" 2bis		88	88	0,67		0,75	96	A
139-8-37	" 4		46	46	1,8		3,9	60	A
140-5-33*	Oeting 3 (Folkloch)		62	62 72	0,17 0,36	0,06	0,1 0,5	100	A
140-5-45*	Folkling 2 (Synd.)		107	107	0,51	0,57	0,53	155	C
140-5-50	Morsbach 232		100	100	1,25		1,25	110	A
140-5-51*	Forbach 238		140	140	4,2		3,0	150	A
140-5-52	" 233		74	74	1,45		1,95	100	A
140-5-53	Morsbach 220		46	46	0,69		1,5	50	A
140-5-54	Morsbach 229		75	75	1,8		2,3	80	A
140-5-56	" 227		87	87	1,9		2,2	90	A
140-5-68	" F.C.		120	120	0,34	0,34	0,28	150	A
140-6-12	Behren-les-Forbach 405		122	122	0,52		0,4	203	C
140-6-13*	Kerbach Synd.	45	47	92	0,23		0,25	120	C
140-6-14	Spicheren F.C		86	86	0,6		0,7	160	C
140-6-18	Etzling 408			130	0,39		0,30	200	C
140-6-19	Behren-les-Forbach 407	63	34	100	0,5		0,5	200	C
140-6-20*	Lixing-les-R. F.C.	2	73	75	0,43	0,5	0,67	250	C
140-6-21*	Alsting F.C.		94	94	0,44	0,47	0,50	101	A-C
140-6-22	Behren-les-Forbach 406			110	0,55		0,5	200	C

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			q	T	K	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale	10^{-3} m²/s	10^{-3} m²/s	10^{-5} m/s	(m)	A/C
140-6-23*	Behren-les-Forbach 409		100	100	0,42		0,42	200	C
140-6-24*	Spicheren 410		102	102	0,75		0,73	130	C
140-7- 3*	Grosbliederstroff F.C.		85	85	0,51		0,6	200	C
140-7- 4*	" F221	16	88	104	0,4		0,39	260	C
166-1- 8	Fareberswiller 1			119	0,76		0,64	135	C
165-1-19*	Haute-Vigneulles	27	25	52	0,68	1,2	2,3	180	C
165-2-43	Longeville-les-St.Avold Caserne		55	55	2,8		5,1	60	A
165-2-44*	Longeville-les-St. Avold F.C.		48	48	1,9	1,8	4,0	60	A
165-2-91	Téting - Camp Militaire	75	25	125 (25 MI)	0,5		0,4	275	C
165-3-42	St. Avold Dourd'hal 603		35	35	0,36		1,0	37	A
165-3-43	" " 604		92	92	0,78		0,85	97	A
165-3-44	" " 605		120	120	0,65		0,54	125	A
165-3-45*	Macheren Moulin Neuf		90	90	0,31	0,64	0,71	98	A
165-3-46	St. Avold FC3		60	60	3,7	7,2	6,2	60	A
165-3-61	" " 218		78	78	3,9		5,0	100	A
165-3-63	St. Avold Dourd'hal 607		112	112	2,5		2,2	120	A
165-3-65*	" " 606		86	86	0,79		0,9	117	A
165-3-67*	St. Avold cimetière amer		75	75	5,4	3,4	4,2	78	A
165-3-68	" " FC1bis		75	75	5,0	3,9	6,7	80	A

./.

(suite)

N° B.R.G.M.	Nom du forage	Epaisseur captée (m)			10^{-3} 2 m/s	10^{-3} 2 m/s	10^{-5} m/s	Profondeur du forage	
		GB	GV +CP	totale				(m)	A/C
165-3-69	St. Avold Dourd'hal 234		97	97	2,7	1,7	2,8	120	A
165-3-70	" " 222		94	94	1,8		1,9	101	A
165-3-71	" " 224		83	83	2,6		3,1	105	A
165-4-11	Hombourg F25		131	131	0,87		0,67	140	A
165-4-12	" " Cité Chêne 1			72	0,3	(0,65)	0,42 (0,14)	75	A
165-4-13*	Hombourg F29			125	0,28	0,65	0,52	140	A
165-4-15*	Betting-les-St. Avold		72	72	0,35	0,38	0,53	111	A-C
165-5-30*	Holacourt-Lesse		215	215	2,2	6,2	2,9	759	C
165-6-13*	Faulquemont FC	25	65	90	0,91	0,71	0,8	350	C
165-6-15*	Créhange 602	50	76	126	2,2		1,75	306	C

* : Seuls les forages dont le numéro comporte un * sont reportés sur les cartes annexes, compte tenu de la trop grande densité de forages dans le secteur des H.B.L., relativement à l'échelle des cartes.

Annexe 6

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN-MEUSE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA NAPPE AQUIFERE DES GRES INFRATRIASIQUES DANS LE NORD-EST DE LA FRANCE

CARTE DU RESIDU SEC

B. R. G. M.
Service Géologique Régional
LORRAINE
BIBLIOTHEQUE

ECHELLE 1/200 000

LEGENDE

- Sous couverture de Muschelkalk
- Conglomérat principal
- Sur le socle antétriasique ou le long des failles rhénanes
  — Limite d'affleurement des G.I.T.
- Faille
- Ligne de partage des eaux superficielles Rhin-Moselle
- Extension probable du faciès Grès Vosgien
- ○ 194-5-1 Sondage charbon
- △ 267-8-9 Sondage pétrolier
- ⊠ 374-3-5 Sondage de reconnaissance
  — et son numéro B.R.G.M.
- ◇ 269-7-2 Forage d'eau
- Courbe d'égale valeur du résidu sec (g/l)

B. R. G. M.
S. G. R. [illegible] - NANCY
Bibliothèque K/30

1565-5 16.4.72.